

Editeur : G. TISON
Brusselse Steenweg 206
Ledeberg (Belgique)

CONSEIL INTERNATIONAL DES UNIONS SCIENTIFIQUES
INTERNATIONAL COUNCIL OF SCIENTIFIC UNIONS

UNION GÉODÉSIQUE ET GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE
INTERNATIONAL UNION OF GEODESY AND GEOPHYSICS

Bulletin of the International
Association of Scientific Hydrology

Bulletin de l'Association Internationale
d'Hydrologie Scientifique

VI^e Année - N° 2

JUIN 1961

JUNE 1961

Bulletin paraissant 4 fois par an

Published on behalf of

THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF SCIENTIFIC HYDROLOGY

by

CEUTERICK

153, RUE DE BRUXELLES

LOUVAIN (Belgium)



I. PROPOS DE L'ÉDITEUR

I. REMARKS & NOTES BY THE EDITOR

1. The reception given to the first issue of our remodelled Bulletin has been very favorable. We shall always be pleased to receive suggestions for its improvement.

2. The present issue has been prepared on its predecessor as a model. We have received for it at least nine scientific articles. Some of them would normally have appeared in the Helsinki Proceedings but they reached the Secretariat belatedly. In our view their value has not been lessened by this slight delay in their appearance.

3. This same issue contains also, in the administrative section, the texts of two very important circulars that the Secretary has already dispatched to national committees. One of them contains very important suggestions resulting from contacts that the President and the Secretary have had in the United States. The other comes from the Secretary-General of I.U.G.G. and relates to the organization of a conference common to all the Associations taking part in the fourteenth General Assembly of I.U.G.G.

4. You will find equally in this issue the text of another circular, regarding the Athens Symposium. The Secretary tells me that this event will occur under very favorable auspices. The United States and the Soviet Union in particular have done much in readiness for it and the countries of the Mediterranean Basin have shown that they appreciate profoundly the honour which has been done them by the entrusting to one of them the major share in the arrangements for the Symposium.

1. L'accueil fait au premier numéro de notre bulletin transformé a été très favorable. Nous serons toujours heureux de recevoir des suggestions d'amélioration.

2. Le présent bulletin est présenté en prenant le précédent comme modèle. Nous y avons accueilli pas moins de neuf études scientifiques. Certaines de celles-ci auraient dû normalement être reprises dans les Rapports de Helsinki, mais elles sont parvenues tardivement au Secrétariat. Selon nous, leur intérêt n'est pas réduit par ce léger décalage de parution.

3. Ce même bulletin contient aussi dans sa partie administrative les textes de deux circulaires très importantes que le Secrétaire a déjà fait parvenir aux Comités Nationaux. L'une d'entre elles contient de très importantes suggestions résultant de contacts que les Président et Secrétaire de l'Association ont eu aux Etats Unis. L'autre provient du Secrétaire Général de l'U.G.G.I. et se rapporte à l'organisation d'une Conférence commune à toutes les Associations qui se tiennent à l'occasion de la XIII^e Assemblée Générale de l'U.G.G.I.

4. Vous trouverez également dans ce bulletin le texte d'une autre circulaire relative celle-ci au Colloque d'Athènes. Le Secrétaire me signale à cette occasion que ce colloque se présente sous des auspices très favorables. Les Etats-Unis et l'U.R.S.S. ont notamment fait un effort considérable et les pays du bassin méditerranéen ont voulu montrer qu'ils appréciaient particulièrement l'honneur qui leur était fait en laissant à l'un d'entre eux la grosse part de l'Organisation du colloque.

G. TISON

I. PROPOS DE L'ÉDITEUR I. REMARKS & NOTES BY THE EDITOR

The following notes are intended to assist the reader in understanding the various points raised in the text. They are arranged in the order in which they appear in the text.

1. The first point raised is the question of the scope of the study. It is suggested that the study should be limited to the period 1914-1918, and that it should be confined to the study of the political and economic situation in France during this period.

2. The second point raised is the question of the sources of the material. It is suggested that the material should be drawn from the following sources: (a) the official records of the French Government; (b) the memoirs of the leading statesmen of the period; (c) the works of the leading historians of the period; and (d) the works of the leading economists of the period.

3. The third point raised is the question of the method of the study. It is suggested that the study should be conducted in the following manner: (a) a general survey of the political and economic situation in France during the period 1914-1918; (b) a detailed study of the political and economic situation in France during the period 1914-1918; and (c) a comparison of the political and economic situation in France during the period 1914-1918 with the political and economic situation in France during the period 1919-1920.

The following notes are intended to assist the reader in understanding the various points raised in the text. They are arranged in the order in which they appear in the text.

1. The first point raised is the question of the scope of the study. It is suggested that the study should be limited to the period 1914-1918, and that it should be confined to the study of the political and economic situation in France during this period.

2. The second point raised is the question of the sources of the material. It is suggested that the material should be drawn from the following sources: (a) the official records of the French Government; (b) the memoirs of the leading statesmen of the period; (c) the works of the leading historians of the period; and (d) the works of the leading economists of the period.

3. The third point raised is the question of the method of the study. It is suggested that the study should be conducted in the following manner: (a) a general survey of the political and economic situation in France during the period 1914-1918; (b) a detailed study of the political and economic situation in France during the period 1914-1918; and (c) a comparison of the political and economic situation in France during the period 1914-1918 with the political and economic situation in France during the period 1919-1920.

II. PARTIE SCIENTIFIQUE

II. SCIENTIFIC PART

ÉTUDE SUR LE MOUVEMENT DES EAUX SOUTERRAINES PAR LE PROCÉDÉ THERMOMÉTRIQUE

FERRUCCIO MOSETTI

(Présenté par le Prof. Mario PICOTTI à l'Assemblée Générale de Helsinki)

SUMÉ

En se rapportant aux observations qui concernent le procédé thermométrique dans trois cours d'eau du Timave — le fleuve du Cars de la Venezia Giulia, qui est bien connu pour son cours souterrain — on présente une forme d'expression théorique sur l'étude du régime des eaux souterraines pour la détermination de la direction de provenance et les modalités de leur parcours.

Les mesures thermométriques exécutées sur le parcours des eaux souterraines dans un mouvement plus ou moins rapide, peuvent avoir un intérêt remarquable pour juger les rapports instantanés entre de différents systèmes d'eaux souterraines circulantes dans une proximité ciproque, de même que de l'origine même d'un certain cours hypogée et de l'influence qu'ont sur lui les eaux superficielles.

Les éléments déterminant la température d'un bout de cours d'eau dans un certain point à une certaine profondeur sont : la température moyenne du terrain environnant le cours d'eau, l'excursion de la température superficielle dans le point exploré, la valeur moyenne et fluctuante de la température à l'origine du parcours souterrain (c'est-à-dire les caractéristiques thermiques des eaux superficielles qui alimentent le cours souterrain) et aussi la vitesse de déplacement de l'eau dans le sous-sol.

On sait bien que cette vitesse varie entre une gamme bien étendue : elle est très petite au cas de nappes coulant dans un milieu sableux, et elle est plus petite lorsque le contenu en argile qui accompagne souvent les formations sableuses est plus grand ; cette vitesse peut être plus remarquable au cas de nappes coulant dans des graviers et devenir encore plus élevée au cas d'eaux circulant entre des fractures de roches.

Le cas de l'eau circulant dans les calcaires (phénomènes carsiques) est celui dans lequel se présentent souvent les plus grandes vitesses de défluxion. Evidemment, plus grande est la vitesse de déplacement de l'eau, moindre, sera à parité des autres éléments, la possibilité d'équilibre entre la température de l'eau et la température « ambiante » du sous-sol ; en outre, plus grande est la vitesse, d'autant plus petit sera le déphasage entre l'amplitude d'une certaine onde de température externe et la même onde mesurée pendant la course souterraine.

A cause du mouvement de l'eau, la transmission de la chaleur est grandement facilitée, tellement qu'on peut percevoir, même après des parcours de quelques kilomètres de longueur, l'effet d'excursions thermiques qui, s'il s'agissait d'une transmission par simple conduction ou convection, s'aminciraient après quelques mètres ou, au maximum, après quelques dizaines de mètres. Naturellement le processus de transport de la chaleur dans le parcours de l'eau est très complexe. Nous bornerons l'examen au cas d'oscillations périodiques de la température et parmi celles-ci à l'examen de l'onde annuelle. L'étude de la propagation de l'onde thermique sera effectuée sur un cours souterrain, que l'on suppose se produire dans un conduit cylindrique à section constante, avec une vitesse constante dont la turbulence est négligeable. D'une manière

approximative on pourra alors étudier ce phénomène pareillement à ce qu'il arrive dans conduction d'une onde thermique de la part d'un corps solide cylindrique en mouvement même en des conditions d'irradiation dans le milieu.

Par analogie avec le cas du solide en mouvement, il résulte alors que une onde périodique (p.ex. l'onde annuelle) qui à l'extrémité d'entrée a la forme $T = \overline{T} + T_0 \cos(\omega t - \varepsilon)$ se transforme dans la forme $T = T_0 + T_0 e^{-\gamma z} \cos(\omega t - xz - \varepsilon)$.

γ et χ dépendent de facteurs assimilables à ceux qui paraissent dans les lois de la conduction avec irradiation et aussi de la vitesse.

Cette loi diffère de celle normale de la conduction d'une onde thermique parce que le facteur d'amortissement et celui de déphasage ont des valeurs différentes. Ces valeurs pourtant sont telles que l'amortissement et le déphasage deviennent d'autant plus petits que plus grande est la vitesse moyenne de déplacement de l'eau.

Nous avons pu vérifier la validité de cette loi sur le Timave et d'une manière tout à fait préliminaire.

Cette rivière est un phénomène caractéristique de la zone du Carso. Elle court dans le sous-sol du Territoire de Trieste suivant un parcours hypothétique, malgré les nombreuses recherches que l'on a exécutées en relation à cet important problème hydrologique.

On connaît seulement trois points de ce parcours souterrain : La Grotte de S. Canzian où le fleuve pénètre dans le sous-sol (*A*) les eaux resurgentes de S. Giovanni de Duino (*C*) la grotte de Trebiciano (*B*) dans le fond de laquelle, à plus de 300 mètres de profondeur, coule un cours d'eau que, par différentes méthodes on démontra dériver, au moins en partie de *A* et participer à l'alimentation de *C*.

La profondeur du cours est, pour de longs trajets, supérieure à 200 mètres, dans certains points elle dépasse les 300 m et seulement vers la fin de son cours, pour un petit parcours, on peut supposer que la profondeur est moins de 100 m. L'effet direct de la propagation de l'onde thermique annuelle de la surface au niveau de l'eau souterraine peut donc être considéré avec une grande approximation.

En chiffres arrondis la distance entre les points connus du parcours (il s'agit de distances calculées à vol d'oiseau, ne connaissant rien de la réelle longueur du parcours) est

$$A - C = 40 \text{ km}$$

$$A - B = 15 \text{ km}$$

Réellement la longueur du parcours, dans les deux traits, pourrait être différente de la distance à vol d'oiseau et on pourrait attribuer à cela, en partie, les discordances que l'on observe à l'égard du point *B*.

Le cours du Timave a été l'objet, dans les années passées, d'un tel nombre d'études et de recherches, qu'encore aujourd'hui on peut disposer de données d'observation inutilisées et inédites. Par exemple, des mesures thermométriques très régulières ont été exécutées, aux points *A*, *B* et *C* dans les années des 1909 à 1915.

Ces données ont été réunies par M. E. Boegan, qui se dédia à l'hydrologie carsique, pour le compte du Bureau Hydrotechnique Communal de Trieste, dans le cours des recherches pour l'approvisionnement hydrique de cette ville.

Il s'agit d'une série de mesures exécutées de jour en jour pendant quelques années; des époques successives à cette date on effectua encore des mesures de ce genre, mais sans règle.

D'après les données d'observation journalières qui va pour *A* du 1er janvier 1910 au 30.11.1915, pour *B* du 1er 1.1913 au 30.4.1915 et pour *C* du 1er 9.1909 au 20.5.1915 nous avons calculé l'allure moyenne de l'excursion annuelle de la température. Pour cela la moyenne des séries des données journalières a été calculée mois après mois et puisque les valeurs moyennes ainsi obtenues ressentaient encore des différentes contributions perturbatrices, on a lissé la série des données mensuelles par une opportune combinaison linéaire courante. De cette manière on a obtenu enfin les courbes présentées dans la fig. 1 qui donnent l'allure annuelle de la température au commencement du cours souterrain (*I*) à la grotte de Trebiciano (*E*) et aux sources du Timave (*C*).

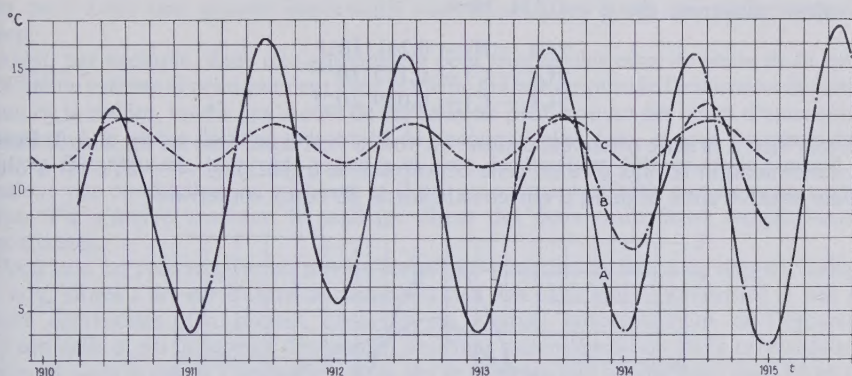


Fig. 1 — Données moyennes mensuelles d'observation de la température de l'eau le long du Timavo
 A : sur le cours supérieur de la rivière,
 B : à l'intérieur des Grottes de Trebiciano,
 C : après des ésources.

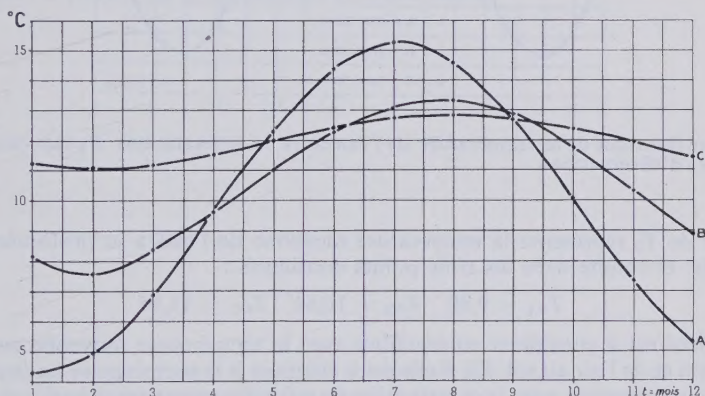


Fig. 2 — Allure moyenne pendant l'année de la température de l'eau dans les trois points d'observation.

Les résultats de ces opérations ont été ultérieurement groupés d'après une base mensuelle (fig. 2). Déjà après le simple examen des figures 1 et 2 on peut remarquer, pour l'onde annuelle en question, un amortissement et un déphasage très faible à l'égard de la distance intercurrente entre les points examinés. Si aux séries de valeurs représentées dans la fig. 2 on impose la condition de satisfaire à la (I) on obtient pour γ les valeurs :

$$\gamma(A - B) = 0,442 \cdot 10^{-6}$$

$$\gamma(A - C) = 0,454 \cdot 10^{-6}$$

$$\gamma(B - C) = 0,461 \cdot 10^{-6}$$

Comme on peut facilement observer la valeur de γ reste, dans les trois déterminations, très peu dispersée, on peut donc considérer significative sa valeur moyenne $\gamma = 0,452 \cdot 10^{-6}$.

On ne peut dire la même chose à propos de χ , mais en effet une mesure si délicate est basée seulement sur une série très brève d'observations sur le point B, et on ne peut dire que ces opérations de moyenne et de péréquation aient éliminés toute cause perturbatrice. En tout

cas la valeur moyenne de $\chi = 0,131 \cdot 10^{-6}$.

$$\chi(A - B) = 0,241 \cdot 10^{-6}$$

$$\chi(A - C) = 0,115 \cdot 10^{-6}$$

$$\chi(A - C) = 0,039 \cdot 10^{-6}$$

s'adapte très bien à la série observée, comme on voit si l'on confronte les fig. 2 et 3. Probablement la détermination la plus sûre est celle concernant le trajet long, $A - C$, c'est à-dire ce qui a été observé entre le point d'entrée et la sortie du cours souterrain.

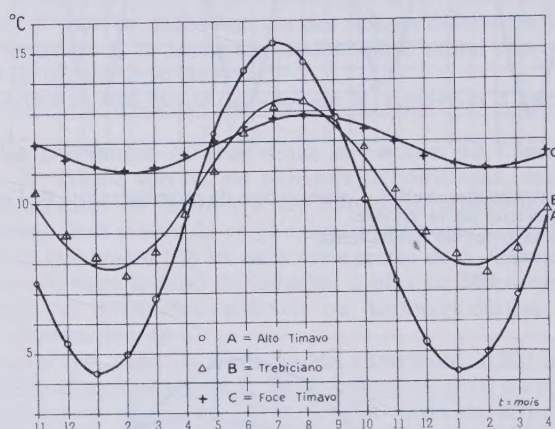


Fig. 3 — Allure théorique de la température de l'eau entre les trois stations d'observations comparée à des valeurs d'observations.

La valeur de T_0 représente la température moyenne de l'eau à la profondeur et dans le point examinés; et résulte dans les trois points considérés :

$$T_{0A} = 9,80 \quad T_{0B} = 10,61 \quad T_{0C} = 11,95$$

En A cette valeur est à considérer en équilibre avec la température moyenne annuelle superficielle du terrain et de l'air au sol. En B elle est à attribuer à la température naturelle du terrain à la profondeur en question, avec la contribution du refroidissement représenté par la circulation hydrique souterraine et en équilibre avec cette température.

Cet exemple nous reconfirme l'opportunité bien connue de développer des recherches sur le mouvement des eaux souterraines en relation avec les caractéristiques thermiques des masses d'eaux. Nous croyons que même en d'autres cas, les recherches de ce genre peuvent apporter d'intéressantes contributions à la connaissance du régime des eaux du sous-sol et peuvent permettre, au moins en particulier, d'en tirer un jugement sur les mouvements et sur le parcours de ces mêmes eaux.

Les eaux souterraines coulant dans un certain lieu peuvent présenter des températures différentes selon la localité d'où elles proviennent, par effet des caractéristiques climatiques sur les eaux de surface qui les alimentent, en rapport à la longueur du parcours souterrain et aussi en conséquence de l'allure de la température superficielle dans le point observé.

Généralement, même en profondeur la température moyenne des eaux souterraines est en équilibre avec la température ambiante, bien que celle-ci soit, en général, plus basse qu'elle ne devrait être en l'absence de circulation d'eaux, à cause du refroidissement général apporté par l'eau même (en moyen dans le cours de l'année).

Une recherche qui vise à mesurer la température de l'eau de nappe ou de cours souterrain peut donner de remarquables détails sur l'alimentation et sur les tributaires d'une nappe.

cela peut avoir une grande importance surtout pour les cours qui s'effectuent dans une alluvion.

Ainsi, par exemple, dans une alluvion on peut trouver des eaux de perte de lit qui suivent avec le même rythme et pratiquement avec la même grande amplitude l'excursion de température de l'eau de la rivière, tandis que à côté de ces eaux on peut trouver des cours d'eaux souterrains, indépendants de pertes de lit et provenant de beaucoup plus loin, et qui pourtant présentent des autres fluctuations, bien plus réduites et avec de sensibles différences de phase. L'échange de chaleur par conduction est très lent et il est grandement affaibli par de petites couches de matière. S'il n'arrive vraiment le mélange direct des deux eaux, leurs températures restent dépendantes.

Pour cela on peut trouver un terrain formé par plusieurs horizons de nappes, indépendants entre eux, situés l'un sur l'autre et alimentés par des eaux qui s'immergent à des distances toujours croissantes. On pourra observer un graduel amortissement de l'excursion thermique annuelle et un progressif déphasage, pourtant pas indépendant de la profondeur, comme arriverait dans le cas de l'onde thermique qui se propage par conduction, mais lié au contraire à la distance du point d'immission, à la vitesse d'écoulement et aux caractéristiques du terrain.

A cette possibilité, à des recherches le long de la verticale, fait pendant une circonstance analogue pour des explorations en surface.

Si la température moyenne du terrain en surface peut nous renseigner sur la présence d'eaux circulant dans le sous-sol, les modalités d'excursion de la température peuvent au contraire nous renseigner à propos de la provenance de l'eau même.

TIDES IN HOOGLY RIVER

SHRI R.S. CHUGH

M.A., A.M.I.S., (India)

SUMMARY

The Hooghly is a tidal river and Calcutta one of the most important ports of India situated on it. The tidal effect stretches to over 175 miles length up to Nabadwip where the nonperennial rivers Bhagirathi and Jalangi, both taking off at different sites from the Ganges meet and discharge their rain water (freshets) into the Hooghly all through the summer months. Other rivers join it also downstream. Annual tide tables are published for three places on the river viz Sagar, Diamond Harbour and Garden Reach.

In this paper lunital intervals, durations of rise and fall, mean high water, mean low water, mean tide level and mean sea level planes and mean ranges have been shown to go through periodic seasonal changes. It has been shown that different tidal planes have changed differently in the interior of the river indicating changes in tidal regimes and in the river bed. Whereas variations in yearly sea levels since 1882 have not been appreciable at Sagar, these at Garden Reach have changed considerably at indicating sometimes an improvement in the channel, other times worsening of the channel. Four 19 yearly cycles of mean sea-level at Garden Reach have been analysed to give phaselags different from Zero and large variations in amplitudes. To carry this study further one period of 19 years each for Sagar, Madras and Vishakhapatnam on East Coast and 4 periods each for Bombay and Aden in the Arabian Sea have also been analysed to see the possibility of nodal variations being constant in amplitude and phase over large areas of the ocean. 19-yearly cycles in the differences between MTL & MSL have been examined for Bombay, Madras and Garden Reach. The effects of freshets on various planes have been analysed and the curves of annual freshets and MTLs at Garden Reach are found to run closely parallel. The variations in yearly high water and low water planes above MTL of the corresponding years after corrections for the longitude of the moon's node have been found to be inappreciable. Theoretical extreme high water and low water planes have been found to be more extreme than actually recorded planes which are very near M.H.W.S. and M.L.W.S. planes indicating there are no predominant effects of winds and storms on the tides in the river. The mean ranges at Garden Reach have been found to be steadily increasing. Theoretical effects of increase in range and lowering of MSL on MHW and MLW plane have been found to agree with actual values. Monthly average temperatures and salinities show distinct annual cycles. High temperatures occur at the same times as low salinities and high mean sea levels. Vertical density structure may be responsible for a large part of annual variation in the sea level at Sagar which is a region of particular interest on account of opposite influences of seasonal monsoons, drainage of rivers and oceanic currents. Seasonal variations in average monthly pressure have been related to variations in mean sea levels and it is found that as the pressures decrease, the height of MSL increases. Tide in Hooghly has been found to be progressive type of wave. Rates of travel of tidal streams outside Sagar and rates of stream in the river have been given also, stating the effects of freshets on tidal streams. Bores in Hooghly have been examined. Shapes of tidal curves and profile of the bore at Garden Reach have been drawn. Rates of propagation of the bore from Doodsons' formulae have been compared with actual values and a remarkable agreement has been found. The rise of tide in 10 minutes at 30 minutes which is the time taken for the steep rise to disappear has been correlated with range of tide and a useful table has been included. Tides in Hooghly are predicted by applying harmonic shallow water corrections to open sea primary predictions at Sagar. As the freshets are unpredictable an approximate relationship has been worked out between the departure of actual freshets from normal freshets of the years of analyses and departures of actual from

dicted tides. From a knowledge of actual freshets the predictions can be corrected almost, if not completely.

A large number of tables and only the essential graphs have been included to illustrate the contents.

INTRODUCTION.

The Hooghly is a tidal river and Calcutta one of the most important ports of India is situated on its banks. The tidal effect stretches to over a 175 miles length upto Nabadwip, where two non-perennial rivers, the Bhagitarhi and the Jalangi, both taking off at different sites from the Ganges meet and discharge their rain water (freshets) into the Hooghly all through the summer months, from May to November. Other main tributaries are Matabhanga - Churni on east bank between Nadia and Calcutta and Damodar, Rupnarayan, Haldi and Rasulper on west bank between Calcutta and Sagar. The net work is shown in figure 1. The Rasulpur discharges practically on the seaface and so has no influence on the navigable channel of the Hooghly. Great changes in the river have occurred on account of the evils of interfering with the tidal flows. The river depends for its existence as a satisfactory waterway on the maintenance of suitable fresh water supply from the Nadia rivers and the correct tidal volume. Annual tide tables are published at three places on the river viz. Sagar, Diamond Harbour and Garden Reach.

Purpose of this paper is to compute and discuss the various tidal characteristics from many years of observations, the mean sea levels, their annual and secular variations, changes in tidal regimes due to interfering with tidal flows, effects of freshets on tides, surface temperatures and salinities cycles, effects of winds, pressure and weather, tidal movements and bores, their causes of formation and rates of propagation.

Earliest tidal observations recorded on the Hooghly are those taken by James Kyd, the famous Calcutta ship builder of the beginning of the 19th Century. Kyd attached to his paper on the Tides read before the Asiatic Society in 1829, diagrams and tables showing the rise of the tide day and night for a complete year 1823-24, highest rise and lowest fall of the tide in each year 1806-28, high and low water levels at each phase of the moon during 1806-07 and 1825-26. His datum has since been related to the present datum at Calcutta.

Discussions in this paper are mainly based on records of three tidal observatories viz. Sagar, Diamond Harbour and Garden Reach. A tidal observatory functioned at Dublat between 181-86, and a new observatory was established at Sagar, close to Dublat, in 1944. Calcutta records consist of observations at Kidderpore from 1881 to 1932 and at Garden Reach from 1932 onwards. Older observations at Diamond Harbour were from 1875 to 1886 and an automatic tide-gauge was restarted in 1947. Automatic tide-gauges are also functioning at present at Balari, Gangra, Hooghly Point and Bansbaria. Heights in the tables of this paper are given above respective chart datums except where otherwise stated.

LUNITIDAL INTERVALS.

Table I gives mean monthly values of Lunitidal intervals for Garden Reach for the years 1882, 1948, 1958 and Sagar 1882 & 1941. Both HWI and LWI go through periodic seasonal changes. The intervals are greater in dry months and lowest in freshet months and thus are related to and dependent on river level. When river level is low, greater friction is offered to the tidal wave and its progress is impeded and when river level is high, the speed of tidal wave is greater. At Sagar situated on open coast the variation in intervals is half those at Garden Reach. The mean annual lunitidal intervals for Garden Reach between 1881 and 1948 and for Sagar between 1881 & 1941 show that both HW & LW intervals have increased by 25 to 30 minutes showing changes in tidal regimes since 1881. At Garden Reach there is no change after 1948.

Table 1. Luni Tidal Intervals at Garden Reach and Sagar mean monthly values.

Month	Garden Reach						Sagar			
	High Water			Low Water			High Water		Low Water	
	1882	1948	1958	1882	1948	1958	1882	1941	1882	1941
January	Hrs. 1.42	Hrs. 1.77	Hrs. 1.56	Hrs. 9.53	Hrs. 9.93	Hrs. 10.04	Hrs. 9.45	Hrs. 9.93	Hrs. 15.97	Hrs. 16.52
February	1.32	1.80	1.52	9.43	10.07	10.08	9.38	9.95	15.92	16.55
March	1.32	1.55	1.49	9.47	9.87	10.10	9.47	9.87	16.05	16.45
April	1.27	1.35	1.37	9.42	9.65	9.95	9.33	9.78	15.90	16.27
May	1.20	1.25	1.24	9.25	9.42	9.73	9.30	9.70	15.82	16.15
June	0.92	1.33	—	9.10	9.50	—	9.03	9.68	15.65	16.17
July	0.63	1.23	1.09	9.03	9.53	9.58	9.07	9.67	15.52	16.12
August	0.60	0.98	1.09	9.23	9.52	9.62	9.10	9.70	15.57	16.07
September	0.57	0.97	1.05	9.15	9.65	9.67	9.02	9.75	15.57	16.20
October	0.73	1.15	1.08	9.22	9.78	9.66	9.20	9.73	15.65	16.25
November	1.18	1.38	1.19	9.33	9.66	9.65	9.30	9.82	15.77	16.32
December	1.28	1.70	1.49	9.18	9.88	9.87	9.35	9.87	15.82	16.38
Mean	1.03	1.37	1.29	9.28	9.70	9.81	9.25	9.80	15.75	16.28
Diff. for transit at local meridian	+0.22	+0.22	+0.22	+0.22	+0.22	+0.22	+0.22	+0.22	+0.22	+0.22
Total	1.25	1.59	1.51	9.50	9.92	10.03	9.47	10.02	15.97	16.50

Table 2. Durations of rise & fall at Sagar, Garden Reach & Bansbaria.

Port & Years	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean
Sagar .. 1948	Rise	5.96	5.93	5.91	5.96	5.97	5.96	5.97	6.00	5.94	5.97	6.00	5.96
	Fall	6.47	6.49	6.50	6.48	6.44	6.45	6.45	6.44	6.49	6.45	6.42	6.46
Garden Reach 1948	Rise	4.25	4.14	4.08	4.11	4.28	4.23	4.17	3.93	3.74	3.72	4.15	4.09
	Fall	8.16	8.26	8.32	8.34	8.15	8.12	8.25	8.52	8.49	8.61	8.26	8.32
Bansbaria 1955	Rise	3.73	3.60	3.65	3.72	3.77	3.78	3.35	2.93	3.00	3.21	3.63	3.51
	Fall	8.68	8.77	8.78	8.70	8.68	8.63	9.10	9.47	9.40	9.22	8.80	8.91

Table 3. Monthly Mean Sea Levels at Sagar, Diamond Harbour, Garden Reach & Vishakhapatnam.

Port & Years	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct	Nov.	Dec.	Mean
Dublat .. 1881-86	8.93	8.65	8.78	9.14	9.69	10.21	10.34	10.29	10.38	10.16	9.92	9.54	9.670
Sagar .. 1948-52	9.748	9.550	9.678	10.130	10.562	10.989	11.145	11.059	11.091	11.070	9.967	10.438	10.536
Sagar .. 1953-58	9.725	9.683	9.728	9.905	10.588	11.074	11.160	11.325	11.320	11.183	10.820	10.204	10.560
Diamond Harbour 1882-85	9.520	9.316	9.673	9.981	10.482	10.921	11.462	11.537	11.557	10.870	10.387	10.050	10.461
Diamond Harbour 1963-58	9.455	9.557	9.718	10.096	10.755	11.060	11.297	11.568	11.428	11.006	10.605	9.842	10.532
Garden Reach .. 1881-93	8.830	8.600	9.001	9.530	10.048	10.799	12.683	14.421	14.704	12.821	10.576	9.432	10.954
Garden Reach .. 1948	8.77	8.73	9.03	10.08	10.53	10.46	11.53	13.20	13.57	12.67	10.72	9.56	10.556
Garden Reach .. 1953-59	8.882	8.941	9.228	9.642	10.335	10.776	11.576	12.730	12.82	12.141	10.491	9.552	10.576
Vishakhapatnam 1880-83	2.336	1.890	1.762	1.958	2.625	2.890	2.828	2.813	3.120	3.447	3.545	2.958	2.681
Vishakhapatnam .. 1952	2.501	2.216	1.801	1.979	2.535	3.051	2.651	3.121	2.938	3.654	3.630	3.045	2.760
Vishakhapatnam .. 1953-58	2.296	2.076	1.938	2.007	2.631	2.941	2.807	2.985	3.126	3.547	3.490	2.803	2.720
Bansbaria .. 1955	9.796	10.178	10.405	10.548	11.167	11.411	14.753	19.926	18.927	16.860	12.991	10.104	13.147

DURATIONS OF RISE AND FALL.

Durations of rise and fall at Sagar, Garden Reach, and Bansbaria are given in Table 2. Increase in duration of fall over duration of rise as we go up the river is a characteristic of rivers where the fresh water discharge opposes the flood current and adds its strength to the ebb current and prolongs the time during which it is falling. This Table clearly shows annual variations in these durations and like LTI have an annual periodicity, the duration of rise at Garden Reach is minimum in September which is the peak freshet period, and maximum in the dry month of May. Even at Sagar which is at the mouth of the tidal river the duration of fall is greater by 0.5 hours than the duration of rise. Above Calcutta to Nadia, there is not much change in the period of the flood tide during the dry season.

MEAN SEA (RIVER) LEVELS.

The monthly mean sea (river) levels at Sagar, Diamond Harbour, Garden Reach, Bansbaria and Visakhapatnam are given for different periods in Table 3. Annual values of mean river level for Garden Reach from 1881 to 1959 are given in Table 4, which also includes 19-yearly mean sea levels calculated by the method of moving means. The values of annual mean river level used in this Table are approximate from 1921 to 1953 as they have been derived from annual tide levels by applying a uniform correction of $+ 0.20$ ft derived by comparison of M.S.L. and M.T.L. for a number of years, and this is unlikely to be grossly in error. The 19-yearly difference in M.T.L. minus M.S.L. values for three different places has been discussed in para 5, Table 5. The 19-yearly moving means are plotted in Figure 2.

Annual variations in sea level haven't changed appreciably at Sagar and Diamond Harbour since 1881 but there is a considerable change at Garden Reach. Garden Reach is a river port and the mean sea levels are affected by variations in the volume of water flowing in the river, meteorological conditions such as rain-fall, melting of snow in hills, freshets and dredging, and deepening* of the channel etc. The range of annual variation increases from Sagar to Bansbaria as we go up the river. The sea level is lowest in winter months and highest in freshet months. Annual variations at Visakhapatnam, also on the East Coast but situated a great distance away from Sagar, are closely parallel to those at Sagar. The mean sea levels on these ports begin to rise long before the onset of monsoons. The annual variations in M.S.L. at Sagar owe only slightly to the freshet discharge, as the effects of freshets are dissipated more or less on reaching the deeper waters and wider channel near Sagar, and is mainly due to other meteorological factors responsible for the seasonal rise.

The 19-yearly means values for Garden Reach plotted in Figure 2 indicate a gradual fall in M.S.L. from about 1890 to 1927 and thereafter a slight and uniform upward trend. The levelling done at Calcutta in 1881-83, 1913-16, 1947-50 do not confirm any rise or fall of the land; on the other hand the region in the vicinity appears to have remained stable since 1881. The area between Burdwan & Sagar is periodically levelled to keep a record of gradual sinking and rising of the bits of areas of land in between. Deepening the mouth of a tidal river results in a lowering of the M.S.L. some distance upstream and the recent upward trend in this level indicates worsening of the channel from the point of view of navigation. If all tidal datum planes e.g. M.T.L., M.H.W., M.L.W., M.H.W.S., etc. had fallen by the same amount with respect to a reference B.M. the tidal ranges remaining unaffected, the coast could be taken to have risen; but as the tidal planes have all changed differently the indication is that tidal regimes has changed and considerable changes have taken place in the river bed. For river ports like Garden Reach, therefore, non tidal factors can vitiate the conclusions of subsidence or otherwise of land based on tidal data alone. The change in the mean sea level is also not due to actual fall or rise in the level of the ocean waters.

Four 19-years periods at Garden Reach have been analysed, though it was realised that the shallow water effects here were large, with the following results. First the trend of secular variation was determined from 19 years moving means and this was removed from annual means.

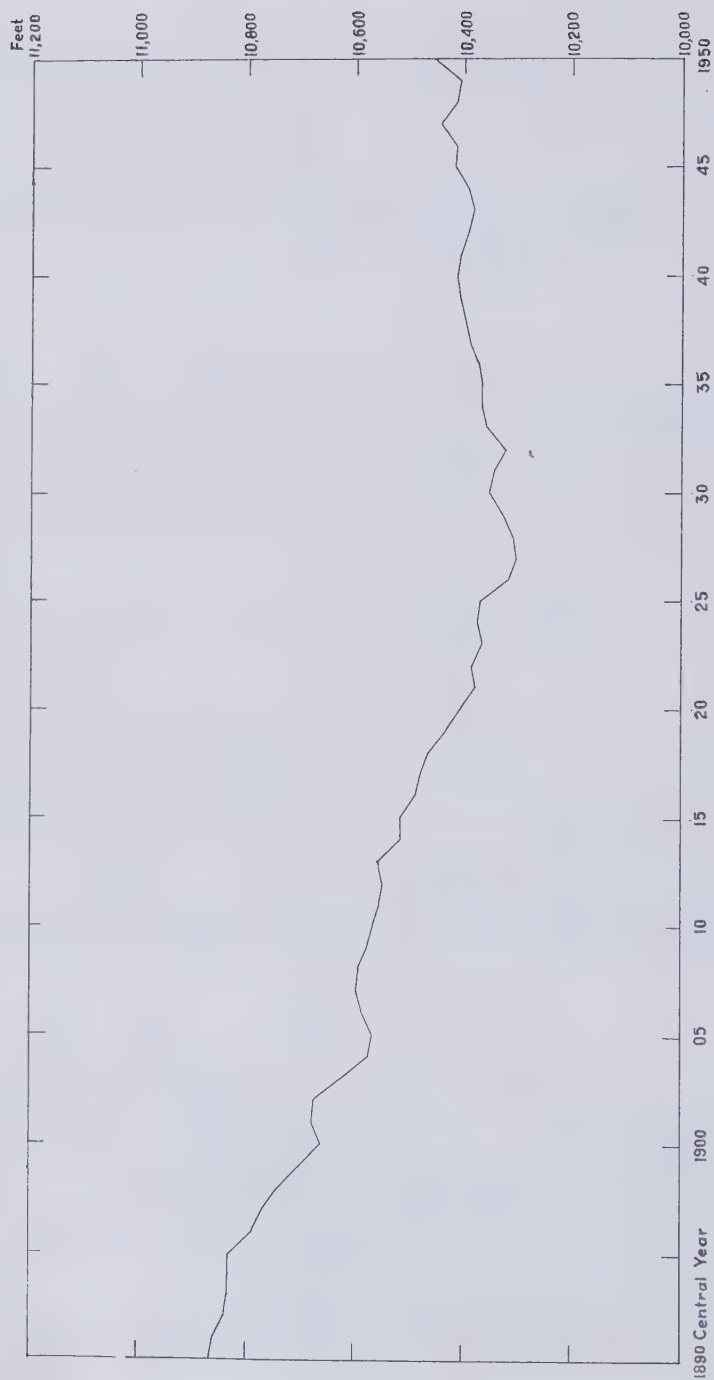


Fig. 2 — 19-Yearly moving mean values of mean sea-level at Garden Reach.

Table 4 Garden Reach Annual Mean Sea Levels & 19-Yearly mean.

Year	M. S. L	Year	M. S. L	Year	M. S. L	Year	M. S. L	Year	M. S. L
1881	10-731	1900	10-604	1919	10-382	1938	10-804	1957	10-285
1882	10-719	1901	10-358	1920	10-169	1939	10-642	1958	10-508
1883	10-574	1902	10-398	1921	10-295	1940	10-092	1959	10-939
1884	10-669	1903	10-711	1922	10-858	1941	10-432		
1885	10-921	1904	10-830	1923	10-054	1942	10-790		
1886	11-360	1905	10-593	1924	10-593	1943	10-712		
1887	11-166	1906	10-722	1925	10-203	1944	10-183		
1888	10-836	1907	10-358	1926	10-181	1945	10-309		
1889	11-164	1908	10-397	1927	10-107	1946	10-447		
1890	11-485	1909	10-770	1928	10-198	1947	10-381		
1891	10-622	1910	10-895	1929	10-346	1948	10-542		
1892	10-849	1911	10-781	1930	10-277	1949	10-368		
1893	11-301	1912	10-314	1931	10-430	1950	10-332		
1894	11-383	1913	10-495	1932	10-106	1951	9-087		
1895	10-476	1914	10-313	1933	10-516	1952	10-223		
1896	10-123	1915	10-453	1934	10-248	1953	10-485		
1897	10-535	1916	10-804	1935	9-938	1954	10-439		
1898	10-858	1917	10-807	1936	10-522	1955	10-533		
1899	10-660	1918	10-318	1937	10-404	1956	10-841		
Years	Mean	Years	Mean	Years	Mean	Years	Mean	Years	Mean
1881-99	10-865	1893-11	10-671	1905-23	10-515	1917-35	10-318	1929-47	10-399
82-1900	10-858	94-12	10-619	06-24	10-515	18-36	10-303	30-48	10-407
83-01	10-839	95-13	10-573	07-25	10-487	19-37	10-307	31-49	10-413
84-02	10-830	96-14	10-564	08-26	10-478	20-38	10-329	32-50	10-408
85-03	10-832	97-15	10-581	09-27	10-463	21-39	10-354	33-51	10-396
86-04	10-827	98-16	10-595	10-28	10-433	22-40	10-343	34-52	10-381
87-05	10-787	99-17	10-593	11-29	10-404	23-41	10-321	35-53	10-393
88-06	10-764	1900-18	10-575	12-30	10-378	24-42	10-359	36-54	10-419
89-07	10-738	01-19	10-563	13-31	10-384	25-43	10-366	37-55	10-419
90-08	10-698	02-20	10-553	14-32	10-363	26-44	10-365	38-56	10-443
91-09	10-660	03-21	10-548	15-33	10-374	27-45	10-372	39-57	10-415
92-10	10-675	04-22	10-556	1916-34	10-364	1928-46	10-389	40-58	10-408
								1941-59	10-453

Table 5 Annual values of M.T.L minus M.S.L.

Years	Bombay	Madras	Garden Reach	Years	Bombay	Madras	Garden Reach
1900	+0-114	-0-004	-	1911	+0-116	+0-001	-0-170
1901	+0-104	+0-002	-	1912	+0-117	+0-004	-0-186
1902	+0-112	-0-005	-0-151	1913	+0-131	-	-0-187
1903	+0-101	-0-007	-0-203	1914	+0-102	-0-011	-0-209
1904	+0-154	+0-004	-0-162	1915	+0-097	-0-001	-0-201
1905	+0-113	+0-004	-0-174	1916	+0-108	+0-004	-0-177
1906	+0-117	+0-004	-0-182	1917	+0-101	+0-001	-0-180
1907	+0-121	+0-005	-0-210	1918	+0-140	+0-003	-0-205
1908	+0-119	0-000	-0-165	1919	-	-	-0-210
1909	+0-081	0-000	-0-127	1920	-	-	-0-208
1910	+0-101	+0-007	-0-156				

Central Year	Amplitude (ft)	Phase lag (degrees)
1890	0.272	358
1909	0.074	54
1928	0.025	232
1947	0.018	227

Analysis has also been done for Sagar, Visakhapatnam & Madras on East Coast, Bombay on West Coast of India and for Aden. The trend of secular variation was removed for Sagar, Bombay and Aden and in the other two cases no definite trend was found. Results are given below

Port	Central Year	Amplitude (ft)	Phase lag (degrees)
Madras	1909	0.042	29
Sagar	1947	0.084	88
Visakhapatnam	1947	0.074	110
Bombay	1890	0.018	212
	1909	0.069	145
	1928	0.017	20
	1947	0.030	138
Aden	1890	0.012	150
	1909	0.030	205
	1928	0.019	219
	1947	0.028	259

Aden, Bombay, Madras & Visakhapatnam are situated on the open coast, yet the phase lags differ considerably from zero and the variations in the amplitudes are also large. Aden as well as Bombay showed different trends for different periods.

The values of S_s & S_{su} at different periods are :

Tublat 1881-86: 0.88, 0.20 & Sagar 1948-49: 0.82, 0.27

Diamond Harbour 1881-86: 1.06, 0.10 & 1948-57: 1.02, 0.10

Kidderpore 1881-1920: 2.74, 0.93 & Garden Reach 1948-59: 1.94, 0.57

which indicate annual variation in sea level and the changes since 1880's

The quarter diurnal tide at this place is 2.25 ft in amplitude & precise levelling has shown that the mean river level at Garden Reach is 2.74 feet higher than mean sea level on open coast.

5. MEAN TIDE LEVELS.

The plane of mean tide level is the average of high and low waters. HW & LW are symmetrical about mean sea level at an open sea port but the plane of M.T.L. differs considerably from MSL in a riverain port, and in enclosed gulfs and bodies of water. The relation between M.T.L. and M.S.L. at any place depends upon the amplitude and phase relation between the various constituents of the tide at that place. For semidiurnal and mixed types of tides, approximate relation in the harmonic notation is available. When the ratio of $(K_1 + O_1)^2$

is large, appreciable variation in the relation of M.T.L. and M.S.L. can be expected from year to year. These differences for Bombay, Madras and Garden Reach for a period of 19 years in each case are given in Table 5. The yearly values range themselves approximately along the sine curve which has its maximum in the years of highest declination of the moon and its minimum in the years of moon's minimum declinations. In the case of Madras the range is almost negligible.

The variations in M.T.L. are very nearly the same as those in M.S.L. Table 6 gives M.T.L.'s for Hooghly River Ports and also of Visakhapatnam above KODS which is the chart datum for Garden Reach. Visakhapatnam is situated far from the reach of freshets. The values of M.T.L. at Hooghly and Visakhapatnam are closely parallel while those of Garden Reach, Bansbaria, and Swarupganj distinctly tell the effects of freshets on M.T.Ls as we go up the river. At Swarupganj the channel is narrow and shoals, the tidal effect is weak and the river level is easily influenced by the river discharges. There is a progressive change in the tidal characteristics from the entrance to the river to the extremity of tidal prism at Swarupganj and the range of annual variation decreases progressively throughout the water way.

In the absence of reliable records of discharge data up to Calcutta for magnitude of freshets the duration of freshets in Hooghly is based on so many foot-days above +16 feet above KODS that plotting the daily gauge readings at Swarupganj ($\frac{1}{2}$ mile up the Jalangi above the confluence of Bhagirathi and Jalangi forming the Hooghly). The freshets are said to be down when the gauge at Swarupganj is 16 feet or more. As a result of the freshets the tidal limit moves down from Swarupganj and during neap tides, depending on the strength of the freshets, conspicuous ebb is felt at Calcutta, although there is a vertical rise and fall of the tide. Annual freshets at Swarupganj for the period 1887-1959 are given in Table 7. The curves of annual freshets at M.T.Ls at Garden Reach run closely parallel and indicate the direct effects of freshets on M.T.Ls and therefore also on the High Water and Low Water planes.

THE PLANES OF HIGH WATER.

The High Water is subject to periodic variations from day to day, month to month and year to year in a period of approximately 19 years. In addition it is also subject to non-periodic variations in the sea level. Table 8 gives monthly means of H.W. at the Hooghly River Ports for the various epochs stated therein. The times of highest and lowest values can be seen from Table 8. The difference between highest and lowest monthly values increases as we go up the river. The monthly MHW are seen to have considerably changed at Garden Reach since 1952. Also there is a larger difference in yearly high waters as we go up the river.

The variations in yearly high water above M.T.L. of the corresponding years are considerably reduced and if these differences are further corrected for longitude of the moon's node, the variations become almost negligible. Changes in hydrographic features would change the position of high water to sea level, for such changes do not affect the sea level but do affect the range of the tide.

In addition to the M.H.W. plane there are other planes such as M.H.W.S., M.H.W.N., and the Tropic M.H.W., Tropic L.H.W. due to astronomic causes and a plane of Highest High Waters which may be taken as the average of highest high waters in every month and this plane can be used to investigate whether effects of wind and weather are excessive at any port. The extreme V plane is found to be only about one foot higher than M.H.W.S. planes both at Diamond Harbour and Garden Reach.

The highest high water recorded at Garden Reach in August 1890 was 24.1 ft. and this remained the highest value until October 1959 when it rose up to 24.2 ft.

THE PLANES OF LOW WATER.

The monthly means of Low Water for the Hooghly River ports are tabulated in Table 9.

Table 6. Monthly Mean Tide Levels at Sagar, Diamond Harbour, Garden Reach, Bansbaria, Swarupganj and Vishakhapatnam above K.O.D.S.

Port	Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Mean
Sagar	1948-53	8.38	8.14	8.22	8.65	9.15	9.62	9.81	9.73	9.75	9.77	9.52	8.87	9.128
Diamond Harbour	1948-53	7.86	7.82	7.98	8.43	8.93	9.44	9.68	9.79	9.68	9.36	8.92	8.36	8.853
Garden Reach	1948-53	8.46	8.39	8.73	9.28	9.76	10.29	11.31	12.29	12.59	11.15	9.76	9.02	10.086
Bansbaria	1955	9.80	10.04	10.36	10.49	11.08	11.34	14.70	19.88	18.88	16.86	12.98	10.82	13.102
Swarupganj	1948	10.9	10.6	10.5	10.6	11.2	11.6	21.2	32.2	34.8	27.0	15.7	12.6	17.410
Vishakhapatnam	1948-53	7.39	7.14	7.10	7.16	7.71	8.05	7.91	7.91	8.05	8.41	8.54	8.09	7.788

Table 7. Annual Freshets in Foot-Days at Swarupganj Gauge.

Year	Freshet	Year	Freshet	Year	Freshet	Year	Freshet	Year	Freshet
1887	1904.8	1905	1908.4	1923	756.4	1941	1390.0	1959	2085.6
1888	1688.0	1906	1963.6	1924	1307.2	1942	1842.8		
1889	2021.2	1907	1366.8	1925	1038.0	1943	1731.6		
1890	2364.4	1908	1614.4	1926	1195.6	1944	1349.6		
1891	1604.8	1909	2086.0	1927	727.6	1945	1570.0		
1892	1608.0	1910	2212.0	1928	1407.6	1946	1801.2		
1893	2442.4	1911	1818.4	1929	1376.8	1947	1460.8		
1894	2473.6	1912	1196.4	1930	1282.8	1948	1614.4		
1895	1340.0	1913	1430.0	1931	1581.6	1949	1411.2		
1896	985.2	1914	1395.2	1932	1065.6	1950	1396.4		
1897	1795.2	1915	1243.2	1933	1911.2	1951	692.4		
1898	2171.6	1916	1853.6	1934	1590.4	1952	1444.8		
1899	1884.8	1917	1898.8	1935	1255.2	1953	1709.2		
1900	1797.6	1918	1121.6	1936	1954.4	1954	1424.4		
1901	1469.6	1919	1160.6	1937	1707.6	1955	1720.0		
1902	1683.6	1920	808.0	1938	2088.4	1956	2255.6		
1903	1731.6	1921	993.2	1939	1599.2	1957	1282.8		
1904	1931.6	1922	1578.8	1940	969.6	1958	1502.8		

Table 8. Monthly MHW at Hooghly River Ports.

Port	Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Mean
Sagar	1949-53	14.61	14.65	14.84	15.16	15.50	16.04	16.18	16.38	16.52	16.41	15.88	15.29	15.62
	1953-59	14.75	14.88	14.99	15.15	15.77	16.28	16.52	16.74	16.82	16.61	16.16	15.23	15.83
Diamond Harbour	1882	15.44	15.32	15.72	15.94	16.52	17.17	18.32	18.42	18.62	17.99	16.52	15.87	16.82
	1949-53	14.77	15.02	15.48	15.81	16.14	16.78	17.20	17.59	17.59	17.11	16.23	15.35	16.26
	1953-59	14.98	15.28	15.59	16.03	16.54	16.89	17.31	17.77	17.83	17.33	16.53	15.44	16.46
	1882	13.01	12.85	13.27	13.24	14.03	15.11	17.32	18.74	18.67	17.46	14.46	13.54	15.14
Garden Reach	1949-53	13.12	13.38	14.06	14.54	14.83	15.94	16.66	17.99	17.88	16.29	14.68	13.75	15.22
	1953-59	13.56	13.88	14.36	14.78	15.42	15.81	16.79	18.36	18.52	17.57	15.50	14.07	15.71
Bansbaria	1955	12.15	12.65	13.15	13.30	13.97	14.15	16.84	21.40	20.40	18.82	15.36	13.28	15.46

variations in fall of LW resemble closely those in the rise of HW, especially in regard to depending on the moon's position; but disturbing effects of wind, weather and friction in the bed of the channel cause different fluctuations in the two planes.

Range in variations of yearly low water at all the three ports is less than that of high water. Freshets have pronounced influence on both HW and LW planes at Garden Reach. The difference between M.H.W.S. and M.H.W.N. is 5 ft. at Garden Reach but the difference between L.W.S. and M.L.W.N. is only 1.9 ft. The Lowest LW planes at Diamond Harbour and Garden Reach are only 0.5 ft. lower than the respective M.L.W.S. planes. In a normal year M.L.W. is lowest in February, highest in September, M.H.W. is lowest in January and highest in September.

The lowest low recorded at Calcutta by Kyd between 1806-28 was 1.8 ft. which was also the lowest level reached up to 1919. This has fallen there times to 1.5 ft. during the years 1935, 1948 and 49, so that in the last 150 years, the actual lowest low water has not been raised and on the other hand M.L.W. plane has fallen by about 1 foot.

THE RANGE OF THE TIDE.

The mean monthly ranges for the different epochs are given in Table 10. There is a seasonal change and periodicity also in the ranges. Up to Garden Reach the ranges fall to a low level at the beginning of freshets in May and June and then rise sharply to the maximum value at the time of peak freshets; but at Bansbaria the ranges are low in freshet months.

The mean, spring and neap ranges of the tide at Garden Reach are seen to be steadily increasing.

It has been stated before that widening and deepening the mouth of the river, lowers the M.S.L. and increases the range: these two amount at Garden Reach have been, from 1882 to 1953, of the order of 0.4 and 1.0 ft. respectively which would lower the M.H.W. by 0.4 ft. i.e. -0.1 ft. and M.L.W. by $0.4 + \frac{1}{2}$ i.e. 0.9 ft. and the actual effects on these levels in Tables 8 and 9 are also of these orders.

In the year 1823, a year of unprecedented floods, the low water reached an unprecedented height of 20.5 ft., giving a range for the day of only 1.6 ft. Recently in 1910, 38, 56 and 59 which were years also of high freshets, LW rose up to 10.9, 11.7, 10.9 and 12.2 ft. giving values of ranges 3.3, 3.3, 6.9 and 5.3 ft. respectively for those days.

SURFACE TEMPERATURE AND SALINITIES.

Monthly average temperatures and salinities at the three ports show distinct annual cycles. The highest monthly average temperatures occur in late summer and the salinity changes are due to freshets in rainy seasons and influx of relatively high salinity water in summer. High temperatures occur at the same time as low salinities and increase the MSL. Monthly mean temperatures and salinities of surface waters are given in Table 11. Garden Reach salinities are by observation methods, other two by observations of specific gravity which have been converted to salinities. The salinities at Sagar are rather high and there must be some index errors in the measurements. The salinities decrease as we go up the river owing to dilution of sea water with run off the river. The region around Sagar is of particular interest on account of opposite influences of SW and NE monsoons, emptying into the sea of some of the large rivers of India, opposite strong currents skirting the coasts in the two different seasons and density structure in the sea. The vertical density structure has been studied opposite Visakhapatnam and found to account for 90% of the annual variation in the sea level at that place.

Table 9. Monthly M. L. W. at Hooghly River Ports.

Port	Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Mean
Sagar	1949-53	5'07	4'71	4'66	5'00	5'65	6'24	6'28	6'00	6'01	6'12	6'20	5'75	5'64
	1953-59	4'93	4'63	4'60	4'85	5'64	6'19	6'20	6'17	6'09	6'06	5'89	5'43	5'56
Diamond Harbour	1882	4'45	3'81	4'01	4'16	4'80	5'23	5'38	4'70	4'98	5'22	4'90	4'73	4'70
	1949-53	3'92	3'65	3'63	3'97	4'58	5'12	5'12	4'88	4'71	4'67	4'63	4'42	4'44
	1953-59	3'71	3'48	3'49	3'79	4'57	4'98	5'02	4'91	4'73	4'60	4'42	4'10	4'32
Garden Reach	1882	4'34	3'64	3'87	3'99	4'78	5'93	7'73	8'59	8'83	8'45	6'04	5'03	5'94
	1949-53	3'80	3'41	3'49	3'94	4'57	5'25	6'05	6'74	6'94	5'65	4'63	4'21	4'90
	1953-59	3'71	3'38	3'46	3'91	4'73	5'24	5'92	6'74	6'87	6'62	5'15	4'25	5'00
Bansbaria.	1955	7'46	7'43	7'58	7'68	8'18	8'53	12'57	18'35	17'35	14'90	10'59	8'37	10'75

Table 10. Monthly Mean Ranges at Hooghly River Ports.

Port	Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Mean
Dublat	1882	9'62	10'12	10'23	10'22	10'15	10'33	10'89	11'56	11'39	10'60	9'98	9'76	10'40
Sagar	1949-53	9'54	9'94	10'18	10'16	9'85	9'80	9'98	10'38	10'51	10'29	9'86	9'54	10'00
	1953-59	9'82	10'25	10'39	10'31	10'12	10'09	10'32	10'57	10'73	10'55	10'28	9'80	10'27
Diamond Harbour	1882	10'99	11'51	11'71	11'78	11'72	11'94	12'94	13'72	13'64	12'77	11'62	11'14	12'12
	1949-53	10'85	11'37	11'85	11'84	11'76	11'66	12'08	12'71	12'88	12'44	11'60	10'93	11'81
	1953-59	11'27	11'79	12'11	12'10	11'97	11'91	12'29	12'86	13'10	12'73	12'11	11'34	12'13
Garden Reach	1882	8'67	9'21	9'40	9'25	9'25	9'18	9'59	10'15	9'84	9'01	8'42	8'57	9'21
	1949-53	9'32	9'97	10'57	10'60	10'26	10'19	10'61	11'25	10'94	10'64	10'05	9'46	10'32
	1953-59	9'86	10'50	10'90	10'87	10'69	10'57	10'87	11'62	11'65	10'82	10'35	9'83	10'72
Bansbaria	1955	4'69	5'22	5'57	5'62	5'79	5'62	4'27	3'05	3'05	3'92	4'77	4'91	4'71

Table 11. Monthly Mean Temperatures and Salinities at Hooghly River Ports.

Port		Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Mean
Sagar 1957-59	Temp °C	23'7	23'7	24'7	25'1	25'2	25'4	27'2	26'8	26'4	26'7	25'6	24'9	25'5
	Salinities (‰)	38'7	40'2	43'5	45'6	45'7	46'0	42'4	34'0	30'8	27'3	32'6	36'9	38'6
Diamond Harbour 1958-59	Temp °C	23'7	24'6	28'3	30'6	31'2	31'7	31'1	30'6	30'6	30'2	26'6	24'2	28'6
	Salinities (‰)	10'0	11'1	15'7	18'7	20'4	19'5	10'8	1'6	0'9	0'5	0'4	3'3	8'6
Garden Reach 1956-59	Temp °C	22'2	23'1	26'9	30'1	31'4	31'1	30'4	30'3	30'1	29'5	26'2	23'3	27'9
	Salinities (‰)	0'4	1'4	4'3	8'2	11'0	7'7	2'6	0'1	0'0	0'0	0'0	0'0	3'0

Table 12. Monthly Mean Pressures at Hooghly River Ports.

Port	Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Mean
Sagar	1955-59	3009	3001	2994	2987	2972	2964	2963	2967	2975	2991	3003	3009	2986
Hooghly Point	1955-59	3003	2995	2991	2984	2970	2963	2959	2964	2973	2989	2997	3002	2982
Calcutta	1955-59	2996	2990	2982	2971	2957	2949	2948	2954	2963	2980	2992	2998	2973

Table 13. Tidal Streams at Beaumonts Gut referred to H.W. at Sagar in Knots 1948.

	Interval from H.W. at Sagar.													
	HW-6	HW-5	HW-4	HW-3	HW-2	HW-1	HW	HW+1	HW+2	HW+3	HW+4	HW+5	HW+6	
Rate Spring	0'36	1'21	2'07	2'48	2'29	1'53	0'72	1'19	2'15	2'48	2'60	2'16	1'03	
Rate Neap	0'13	0'44	0'76	0'91	0'84	0'55	0'26	0'44	0'79	0'91	0'95	0'79	0'38	
Direction	2'13	3'39	1	3	8	15	74	153	176	175	177	179	195	

Table 14. Rise of Bore Tides at Garden Reach 1956-59

Time	Range in feet						
	11	12	13	14	15	16	16.5
10 Min	-	3'0	4'2	5'5	6'7	7'8	8'4
32 Min	5'4	6'6	7'8	8'9	10'1	11'2	11'7

EFFECTS OF WIND, PRESSURE AND WEATHER.

Table 12 gives average monthly pressures at Sagar, Hooghly Point (near Diamond Harbour) and Calcutta (near Garden Reach). If we draw a curve of mean monthly pressures and levels this will bring out clearly the relationship between the two, for as the pressures decrease the height of the sea level increases and vice versa. In the months of October, November, December and January, the winds are Northerly i.e. off shore and these with high pressures over the heights of the sea level. During the monsoon months, the pressures are low winds also on-shore to give augmented sea levels. Seasonal range of the barometer is greater at Calcutta than at the head of the Bay than over southern portion (Port Blair); the relative differences are 0.3 inch between December and June giving rise to heaping up of water at the head of the bay. This is further augmented by change in the direction of wind NE to SW. As a consequence the sea level begins to rise in February itself.

In order to investigate the effects of abnormal weather conditions on tides in the Hooghly, actual highest high water and lowest low water planes at Diamond Harbour and Garden Reach can be compared to the planes brought out by coincidence of spring tides, tropic tides and perigean tide (N2), the combination of which will give the largest tidal fluctuations. Actual values are 19.79/2.12 and 18.75/3.52 and the theoretical ones are 20.12/1.67 and 19.09/3.24 at Calcutta and two ports respectively, therefore the theoretical planes are more extreme than the actual values indicating there are no predominant effects of winds and storms on the tides in the river.

TIDAL MOVEMENT IN HOOGHLY.

The tide in Hooghly is a progressive type of wave. Between Sagar and Diamond Harbour the range is 36 nautical miles upstream the mean range increases from 10 ft to 12 ft and it falls in to 10 ft at Garden Reach another 42 miles up. The range decreases more rapidly above Calcutta and at Bansbaria it is only 4.7 ft. The H.W.1 increases in the two stretches by 1.95 hours and 2.05 hours while the L.W.1 by 2.90 hours and 2.94 hours respectively. The time of tide changed and the range remains much the same. Average rate of travel of the tidal wave is one nautical mile in 2.9 minutes on the flood and 4.9 minutes on the ebb between Garden Reach and Hooghly Point and 3.1 minutes on flood and 4.3 minutes on the ebb between Hooghly Point and Sagar.

Table 13 gives rates and directions of tidal streams at Beaumont Guts 20 miles outside Calcutta in the entrance channel, referred to HW at Sagar. The times of flood and ebb strengths are midway between the times of high and low waters. At Hooghly Point the flood current is up for nearly an hour after HW in dry season and $\frac{1}{2}$ an hour at the height of freshets and the ebb current runs down for nearly $\frac{1}{2}$ an hour in dry season and 1 hour during freshets after the LW. At Garden Reach the current continues to run up for about an hour after HW except during July to September when the tidal current ceases to run up at the time of HW. During spring tides in September there may be no flood current at all. At the time of LW the current continues to run down for a little more than one hour, except during spring tides when as the range increases, the interval between LW and the appearance of the flood current decreases. The reversing tidal current in the Hooghly is therefore considerably modified when in combination with the non-tidal current.

The velocity of the current naturally varies considerably with the state of the tides and the season. Both flood and ebb currents go up to 6 knots during high spring tides.

BORES.

Bores occur in the River. The bore manifests itself as a standing wave about 5 feet high and first makes its appearance at Brul 23 miles below Calcutta. The bores are strongest during spring tides in the dry season when the river level is lowest and the depths are shallow.

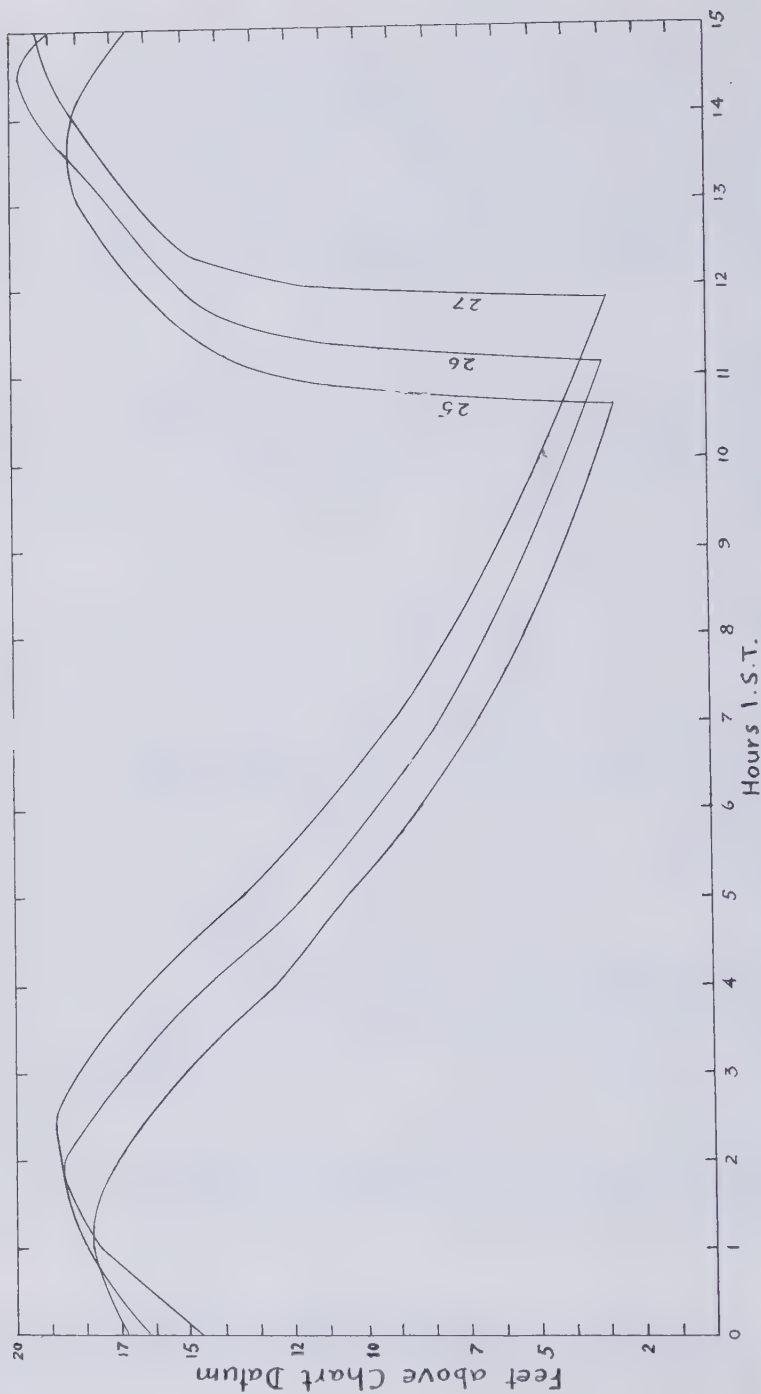


Fig. 3 — Shape of Tide Curve at Garden Reach on bore tides March 25, 26, 27, 1959.

s phenomenon is hardly pronounced in a strong freshet but in a year of very weak freshets 1951 when the river levels were much lower than usual, the bores appeared.

The shape of the tide curve and profile of the bore when the range is about 16 ft at Garden Reach are shown in figures 3 and 4. From the records of the automatic tidegauge at Garden Reach at bore tides the water level rises sharply just after LW up to the break of the bore which reached about 32 minutes after LW. The rise of tide in 10 minutes and 32 minutes has been plotted against ranges for the years 1956 to 59 and mean results are given in Table 14.

Doodson has explained causes for the generation of bores being due to reduction in water depths resulting from an inclined channel and reductions in width from restrictions in the channel. The effects of changes in depths and breadths on the elevation of water surface (y) and velocities of currents (u) are given by the two equations

$$y(gh - u^2) = \frac{(b'h + h'b)u^2}{b}$$

$$u'(gh - u^2) = -\frac{(b'h + h'b)gu}{b}$$

As the velocity of water tends to approach the critical value \sqrt{gh} a bore is formed. These critical values are reached near Brul where the bore first makes its appearance. The bore then increases in height and rushes past Moyapur with a height of about 4 to 5 feet.

Doodson's formula for rate of propagation of the bore in terms of bore height (B) mean depth (h) before and after bore, in a river against current (u) is as follows

$$C = \left(1 + \frac{1}{2} \frac{B}{h}\right) \sqrt{gh - u^2}$$

Statements of Bore Tides are given for four days in Table 15. In calculating bore speeds by the first term in the above formula has been used. B has been taken as 5 feet and the mean depths here approximate. The critical term, in these calculations is the depth and actual observations will show whether depth of the deep water channel or some measure of mean depth in the cross section is to be taken.

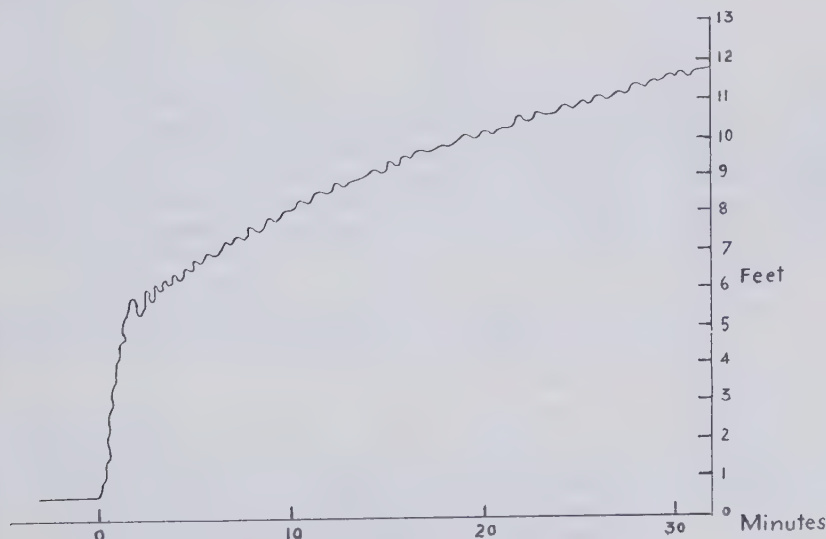


Fig. 4 — Profile of bore at Garden Reach.

Table 15. Rises and Speeds of Bores (All heights above K.O.D.S.)

25-3-36 Interval minutes after LW	Royapur	Moyapur	Akra	Garden Reach	Konnagar		Royapur	Moyapur	Akra	Garden Reach	Konna
LW	1.0	1.3	1.9	2.4	3.9	3-9-36	3.5	3.9	6.2	7.6	11.5
2	-	-	-	7.6	-		4.6	4.4	9.2	7.7	13.8
5	5.5	4.7	5.7	8.2	4.0		7.7	8.7	11.0	13.1	14.8
10	6.7	6.5	7.5	9.2	8.2		9.5	10.0	11.7	14.0	15.8
15	7.5	7.5	8.6	10.0	9.2		10.2	11.5	12.7	14.5	16.6
20	8.1	8.2	9.5	11.0	10.2		11.0	12.5	14.0	15.1	17.2
25	8.5	9.1	10.5	11.7	-		11.7	13.2	15.0	16.3	17.8
30	9.0	9.7	11.5	12.2	11.2		12.7	13.7	16.0	17.2	18.4
35	9.5	10.4	12.4	12.2	11.8		13.3	14.2	16.7	17.6	19.0
LW Time	10-35	10-45	11-30	11-53	12-40		10-00	10-15	11-00	11-18	12-08
HW Time	14-10	14-15	14-35	15-04	16-00		13-20	13-30	14-20	14-12	14-54
Flood Range	17-5	17-2	16-7	15-8	13-6		17-8	17-4	15-7	14-9	11-9
Flood Interval	3-35	3-10	3-05	3-11	3-20		3-20	3-15	3-20	2-54	2-42
Nautical miles from Sagar	55.7	59.7	70.7	76.5	87.5		55.7	59.7	70.7	76.5	87.5
Depth below K.O.S.	25	20	21	20	14		25	20	20	20	14
Observed speed ft/sec.	-	40	25	25	25		-	27	25	32	22
Calculated speed ft/sec.	-	35	30	30	27		-	35	30	30	27
5-9-48						27-3-52					
LW		3.4	5.1	6.4	10.3			1.4	2.0	2.5	4.3
2		-	-	-	-			-	-	-	-
5		-	-	-	-			1.9	4.9	7.9	9.0
10		4.9	-	-	15.0			3.0	6.8	9.0	10.5
15		-	-	-	-			5.0	7.9	9.7	11.9
20		8.2	-	-	17.2			6.5	8.9	10.1	11.5
25		-	13.6	-	-			7.6	9.6	11.0	11.8
30		10.8	-	16.5	18.5			8.3	10.5	12.0	12.0
35		11.6	-	-	19.0			8.9	11.3	12.2	12.5
LW T		10-30	11-05	11-31	12-23			10-00	10-45	11-12	12-05
HW T		13-55	14-25	14-32	15-00			13-35	14-00	14-18	15-05
Flood Range		17-2	16-2	15-5	12-5			16-2	15-9	14-9	13.0
Flood Interval		3-25	3-20	3-01	2-37			3-35	3-15	3-06	3-00
Nautical miles from Sagar		59.7	70.7	76.5	87.5			59.7	70.7	76.5	87.5
Depth below K.O.S.		20	20	20	14			20	20	20	14
Observed speed ft/sec.			31	23	22				25	21	21
Calc. speed ft/sec.			30	30	27				30	30	27

Table 16. Freshet corrections to predictions of Garden Reach based on mean Freshets and analyses of 1948, 51-55.

(Actual-mean) Freshets	-10	-8	-6	-4	+6	+8	+10	+12	+14	+16
Corrections to Predictions in ft	HW	+1.7	+1.4	+1.1	+0.7	-1.0	-1.2	-1.5	-1.8	-2.2
	LW	+1.7	+1.5	+1.1	+0.7	-1.4	-2.0	-2.5	-2.8	-3.3
										-4.0

No corrections to be applied when (Actual-mean) Freshets are between -4 & +6.

The velocity of the current immediately after passage of the bore is given by the formula $-u)^2 = g h$ At Garden Reach taking h as 20 feet, $c + u = 25$ ft/Sec. Calculated speed of the C is 30 ft/Sec, therefore u is 5 ft/Sec i.e. 3 knots and the approximated observed spring maximum flood current is 4 knots at this place.

The agreement between observed and theoretical values is remarkable.

Kyd referred to tidal bores as an apparently regular and common occurrence in the early part of the 19th Century. These were still severe in 1880's but were reported not so common as high in late 1910's. The incidence of bores has again increased during the present times.

HARMONIC CONSTANTS.

The harmonic constants for Sagar, Diamond Harbour and Garden Reach have not been calculated, as these are available elsewhere. The Sagar constants have not changed between the epochs 1885 and 1950. At Garden Reach the older values of the principal constituents M_2 , S_2 did not differ much from year to year but the older means (1881-1920) differ considerably from recent values (1948) indicating changes in tidal regimes.

The ratio $\frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} = 0.102, 0.098, 0.121$ at the three ports respectively which shows

that the tides are predominantly semidiurnal Night tides are a foot to foot and half higher than day tides in the dry season and vice versa in the freshets, though not to the same extent.

Predictions of tides at ports in the Hooghly River are done by applying harmonic shallow water corrections to the open sea primary predictions for Sagar though the predictions of Sagar themselves are corrected for shallow water constituents. The methods are described at length by Doodson in his various papers on the subject.

The German Hydrographic Institute are understood to be analysing 19 year's records of high and low waters of Garden Reach by a rigorous application of the Least Square Rule by the use of punched cards electronic machines and using these constants subsequently for computing tidal predictions. The results are awaited with interest. Reduction curves have been prepared for calculation of tides at all hours for Garden Reach.

4. EFFECTS OF FRESHETS ON TIDES AND TIDAL PREDICTIONS.

Freshets which enter Hooghly vary considerably from year to year as will be seen from Table 7. Effects of freshets on M.T.Ls, HW and LW planes at Garden Reach have also been discussed in the earlier paras. Harmonic shallow water constituents used for computing the predictions of this port would be the mean of particular years of analyses and would reproduce only the mean freshets of those years. An approximate relationship has been established between the departures of daily actual freshets from mean freshets of the years of analyses and departures of actual tides from predicted from the data of abnormal freshets years 1951, 56, and 59. Corrections to be applied to the predictions are given in Table 16. If the years of analyses are changed, the relation would evidently be altered. From a knowledge of actual freshets as recorded at Swarupganj the predictions can be corrected almost daily.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

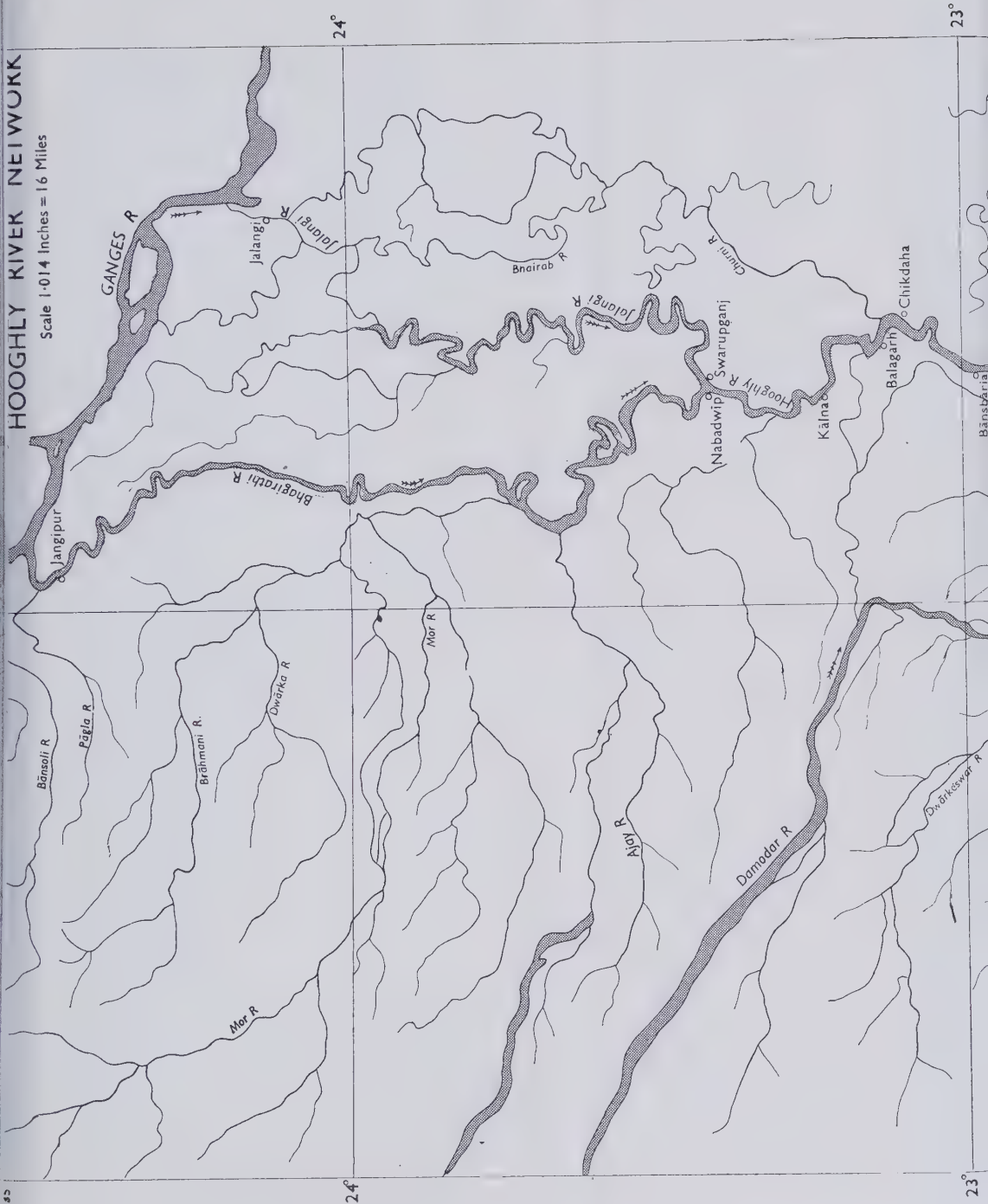
Thanks are due to Lt. Col., S.K.S. Mudaliar, Deputy Director, Geodetic and Research Branch, for permission and encouragement to undertake the preparation of this paper, to Sri H.R. Ghildiyal and staff of Tidal Party for carrying out the heavy computations and draftsman of Computing Party for fair drawing the tables and graphs. Data supplied by the Port Commissioners Calcutta has been freely used in this paper.

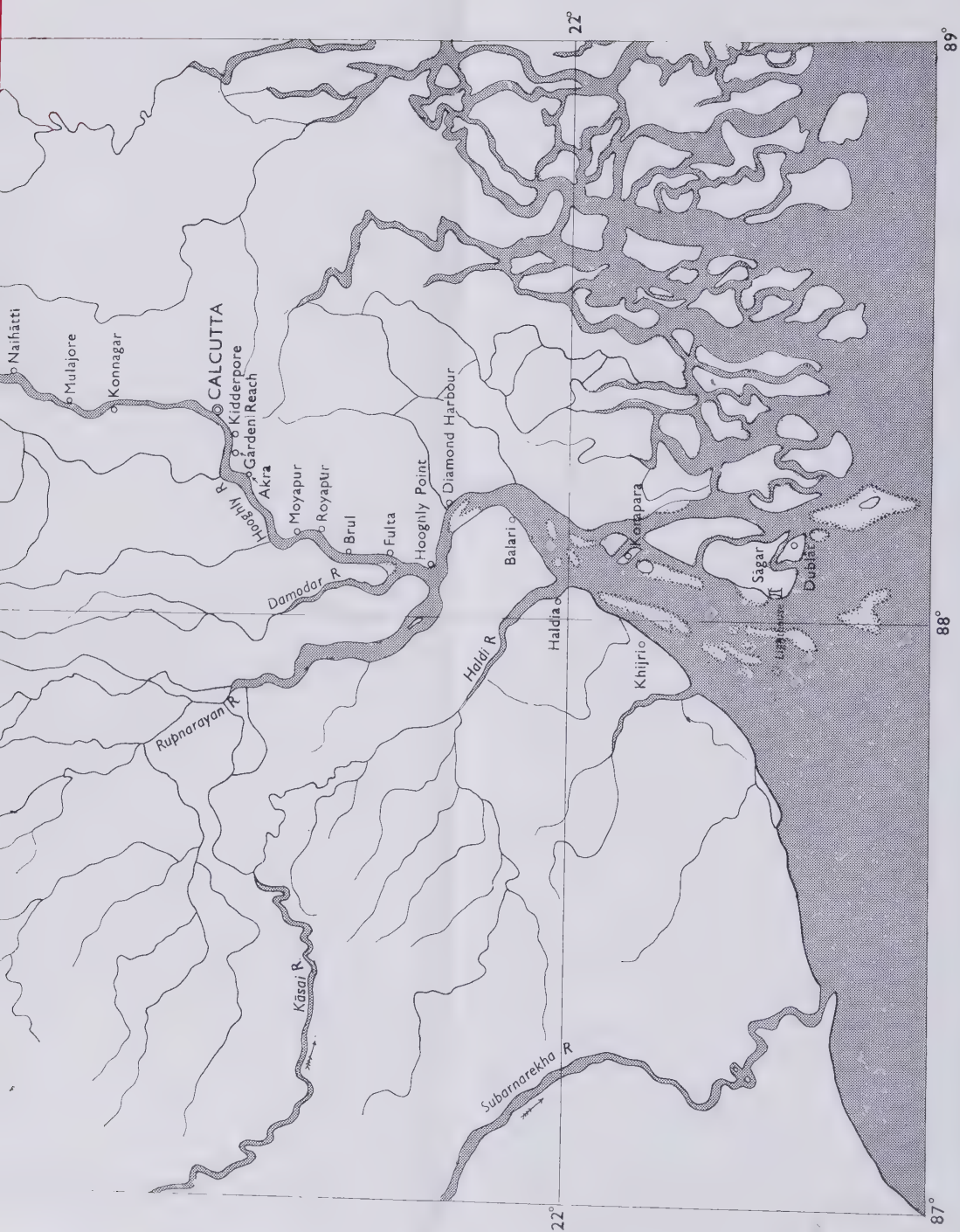
REFERENCES

- (1) Report on the Hooghly River and its head waters, Vol. I 1919.
- (2) DOODSON AND WARBURG : Admiralty Manual of Tides.
- (3) H. A. MARMER : Tidal Datum Planes
- (4) I. U. G. G. Publication Scientifique No. 13 : Secular Variations of Sea Level.
- (5) Andhra University Memoirs in Oceanography, Vol. I and II.

HOOGHLY RIVER NETWORK

Scale 1-014 Inches = 16 Miles





INVESTIGATION OF AGROTECHNICAL METHODS FOR CONTROL OF WATER EROSION OF SOILS

A.S. SKORODUMOV (USSR)

Since 1937 the Ukrainian Scientific Research Institute of Farming (Kiev) has been carrying out experiments on control of water erosion of soils, mainly in the right-bank forest-steppe of the Ukraine. The attention is focussed on problems of soil-protecting crop rotation, appropriate selection of grass mixtures, strip cropping, antierosion methods of soil treatment, etc. Besides, agrotechnical experiments in control of soil erosion in the Ukrainian SSR are conducted by the other organizations.

The basic methodical principles of experimental activities as developed by experimental stations for plains and very smooth slopes are valid also for steeper slopes. However, steep slopes pose a number of special problems. These are due, in the first place, to the effect which the flow of water and materials carried by it (rolled, suspended and dissolved) from the upper parts of the slope, and water percolation, produce on the experimental plot. An essential peculiarity lies also in the fact that the results obtained on a slope of certain steepness, exposure and degree of soil erosion, but from plots of varying size, nature and use, cannot be extended to other slopes. Experimental results relating to different slopes and non-uniform periods of observation may differ not only quantitatively, but also qualitatively. This necessitates not only the repetition of the experiment in space and time to improve its accuracy, but also simultaneous staging of experiments under different conditions in order to extend the results to all elements of the water-collecting basin.

An experimental plot on a slope is characterized by a much greater diversity of conditions than a plane plot. A natural difference is observed in the upper and lower parts of the plot. The upper part is often damaged by rill erosion and hollows which cannot be excluded from the experiment because their presence on the slope is natural. As a rule, the degree of sheet erosion on the slope is changeable. All this requires special caution in selecting the sizes and shapes of the plots and their location on the slope, and calls for an increase in the number of repeated experiments. Ideally all the plots should be located at the same elevation, making up a continuous strip traversing the slope. However, many areas do not contain uniformly exposed slopes which are level over a long distance. Under such conditions the number of experiment variants has to be decreased. Besides, half of the slope should be left to enable repetition of the experiment the following year. Finally, the measure of success of a particular anti-erosion method on a specific slope is not only the quantity and quality of the yield of agricultural crops, but also the reduction of the run-off and of washed soil.

In selecting a plot on a plain we take into account the representative character of the soils, the agrotechnical background, the previous cultures and other conditions. In the case of antierosion experiments we should also determine the requirements for the steepness, length, shape and exposure of the slope to be used. Under the latter conditions experiments should be conducted preferably on more difficult slopes, for instance steep and south slopes. Methods for erosion control based on difficult conditions can be extrapolated to plots with more favorable conditions. The reverse may not be true.

The experimental plot should be located at a distance of at least 20 heights from objects representing obstacles for winds, such as shelter belts, buildings, fences, etc. Such obstacles cause an uneven distribution of snow and thus may lead to a considerable distortion of the experimental results.

The plot selected for the experiment should be surveyed carefully to determine the nature of the soils, the degree of sheet erosion, micro-relief, diversity of crop yields, presence of weeds, etc. In staging stationary and even semi-stationary experiments it is desirable to provide for those crops which may somewhat level out the plot and remove the weeds.

In many cases (except fertilization experiments) the plot should be fertilized before experiments are begun, since the natural fertility of slope soils is very low. Setting up experiments with a low agrotechnical background, particularly when fastidious crops are used (for instance corn) is inadmissible, as they lead to low yields both on the control plot and on the plot where the methods under investigation is applied. Experiments with each crop should be patterned after a typical previous culture or set up in a crop rotation link.

The basic shape of plots used in anti-erosion experiments should be a rectangle, predominantly running across the slope. Such a layout is explained by the fact that all methods of tillage, sowing, cultivating and harvesting imply operation in a transverse direction. When studying some problems (e.g. productivity of grass mixtures, fertilization of crops, etc.) it is possible and sometimes even preferable to run the plots along the slopes. The latter is also necessary when arranging temporary and permanent run-off plots, which does not eliminate the need for tillage and particularly cultivation and sowing across the slope.

In some instances the plots may be arranged in two or three rows across the slope. It should always be remembered that the upper plots will affect the lower ones to some extent.

Different layouts of plots on slopes are shown in the figure. In scheme A the sites stretch across the slope, use being made of the pair method for three experiments variants with three repetitions. A protective belt is provided around the experimental plot. Scheme B is characterized by a lengthwise arrangement of the plots relative to the slope. In scheme C the protective belts are set up between each two adjacent plots to preclude an interaction between different adjacent crops and to allow for swinging the agricultural machinery around and for pathing. In each scheme the results may be recorded in the upper, middle and lower parts of the slope. In scheme D the plots are arranged in two rows. The same is shown in scheme E, but protective belts are left between each two adjacent plots. In scheme F two rows of plots extend horizontally to enable determination of the effect produced by the upper crops on the lower ones. Scheme G shows the arrangement of plots when studying the effect of a strip of perennial grass on a lower crop, without a protective belt up the slope. The same can be seen in scheme H, but in addition, plots with two or several strips of perennial grass are compared to plots without such strips. Water deflection from the upper slope by means of embankments is demonstrated in scheme I. The setting up of experiments in run-off plots is illustrated in scheme J. Sometimes the experimental plot may have a trapezoidal shape (scheme K) or the sites may be divided by plots, etc. (scheme L).

The selection of the plot layout on slopes depends on the size of the available slope of uniform exposure, the number of variants and repetitions, the purpose of the experiments, the methods of recording the water run-off and soil erosion, the nature of the attending observations and other specific conditions for setting up the experiments.

When studying the productivity of agricultural crops on slopes the plots may be small (200 sq.m.), but should be located in the upper, middle and lower parts of the slope or extend over the entire length of the slope. When studying fertilization of crops on slopes, the plots may also be small; then it is easier to select a site with uniform soil erosion. It should be noted that erosion on slopes may affect not only the soil, but also the fertilizers. Therefore they should be ploughed down immediately after introduction. When studying problems of soil protecting crop-rotation and particularly different methods of tillage, the plots should be large enough (500 sq.m. and larger). Especially large plots (several hectares) are used for model experiments on collective farms.

In solving anti-erosion problems strong emphasis should be placed on the pair method, in which the control plot is located between two variants of the experiment.

A triple repetition of the experiment in space is desirable. In the absence of a slope sufficient for staging the experiment, one has to be content with double repetition. Model experiments on collective farms by the pair method may be set up without repetitions.

The experiment should be repeated in time, i.e. in different years and under different weather conditions. V.P. Mosolov suggested that experimental plots should be arranged along the slope with separate recording of yield in its upper, middle and lower parts. Narrow plots extend

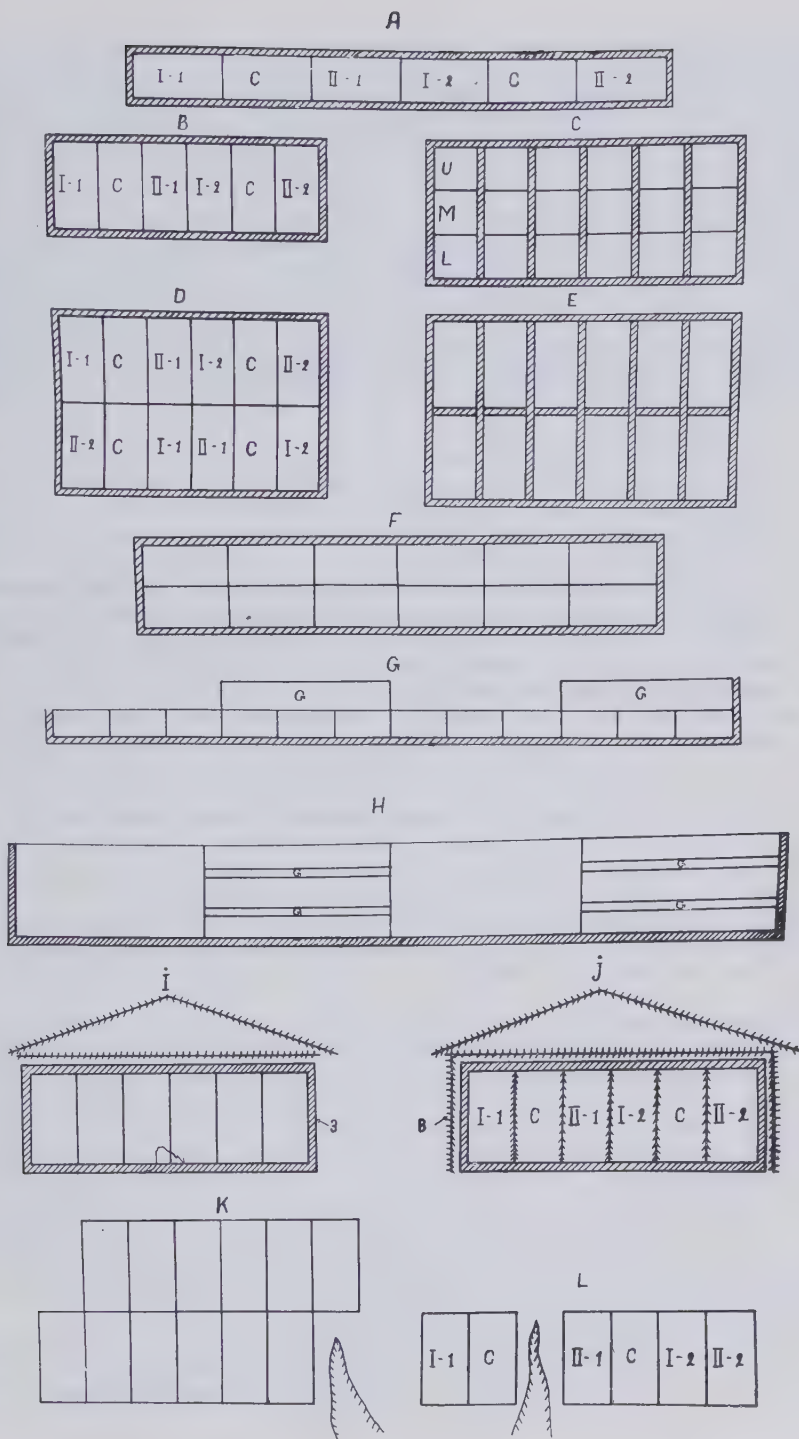


Fig. 1 — Different layouts of plots.

along the slope are particularly important for mixed soils. They enable the experimental error to be reduced.

The setting up of experiments in different parts of the slope and sometimes the simultaneous staging of the same experiment on the plateau, allow for more far-reaching conclusions and for recording deficiencies in the crop yield on sloping lands with eroded soils, as compared with plane areas. Large grooves should be ruled out, small gentle hollows and rill-eroded areas being included in the experiment.

Protective belts of different width depending on the purposes of the experiments and on other conditions, are left between the variants of the experiment and around the entire site. These belts are necessary for swinging around the agricultural machinery and eliminating the effect of root systems of crops from adjacent plots. Occasionally the experimental plot may be isolated from the upper slope by means of a diversion embankment. In this case the experimental plot functions as if it were transferred to the upper part of the slope. Some isolation may be achieved by sowing or leaving a wide strip of perennial grass above the experiment. This grass will collect soil particles washed out from the upper slope, thus presenting less impediment to the water run-off.

Setting up stationary experiments lasting for many years, particularly those involving the establishment of anti-erosion crop rotation, presents great difficulties. During such experiments the plot does not remain the same. In some variants of the experiments (e.g. with perennial grass) the accumulation of the soil may take place, whereas the control plot undergoes a continuous washout. Especially great changes take place on stationary run-off plots. Our investigations at the Pridesnensky anti-erosion experimental post, the Chernigov Region, have shown that after 12 years the soils of the run-off plots displayed fundamental changes: the upper parts of the plots showed a considerable soil loss. The material was eroded deposited on the lower part of the plot and new soils formed. The physical and chemical properties of the soils and their moisture content became widely divergent in different parts of the plots. The data obtained after using the run-off plots for a few years, cannot be fully comparable with the results obtained in the early years. Therefore, a study of methods for control of soil erosion on temporary run-off plots may occasionally produce more accurate results than on stationary sites.

The application of a DT-54M tractor with suspended ploughs yields very good results when working experimental plots on slopes. It will be still easier to work experimental plots with a DT-57 reversible tractor. This tractor is adapted for operation on slopes up to 20°, it is fitted with an inclinometer which enables horizontal working of the land.

In carrying out experiments all expenses should be taken into account to be able to give at least a tentative economic estimate of the methods of soil conservation. A more accurate estimate can be made only after checking up a particular method under practical farming conditions.

The purpose and scheme of the anti-erosion experiments are worked out in the same manner as for those on plains. The principle of one varying condition with all the others being unchanged remains in force. This principle, however, is difficult to maintain. For instance the introduction of phosphorus into the soil alters the intensity of nitrification and hence changes two factors at a time. Besides, when working out anti-erosion measures, it is often necessary to establish the effect of several methods or even a whole complex of methods. In the latter case the experiment should occupy the whole area of two more-or-less similar basins to estimate the combined effect of the entire system of anti-erosion measures, also recording the yield of crops which are different in some cases of strip farming not only in terms of weight, but also in terms of money. In addition, one should take into account the cumulative water run-off and the soil loss from the basin. A basin where the customary use of the slope lands in the given district is maintained serves as a control site for such an experiment.

All experiments should be accompanied by attending observations. In the first place it is necessary to conduct systematic observations of the soil moisture, down to the depth of spring soaking (1.5 — 3.0 m). These should be especially frequent during the spring and autumn

is very important to arrange precipitation recording directly on the experimental plot. In case not only rain waters, but also the thickness and density of snow should be measured. This will permit water balance calculations relating changes in the soil moisture with, the loss of water by run-off and the cumulative consumption for transpiration and evaporation from the soil surface. Such water balance calculations have been performed for run-off plots of the Pridesnensky anti-erosion experimental post.

When staging more important experiments it is essential, in addition to usual agrochemical investigations, to study the changes in the physical properties of soils (water resistance, soil structure, water-permeability, tenacity, volume weight, etc.), as well as the root systems, harvest residues, the micro- and nano-relief of the surface. The nano-relief, i.e. the minutest variations of the relief (furrows, ridges, etc.), which determine the water-retaining capacity and roughness of the soil surface, acquires high importance in anti-erosion experiments.

Field experiments may sometimes be conveniently combined with vegetation experiments. In particular, the latter may well demonstrate the diminishing fertility of soils upon sheet erosion.

ЛИТЕРАТУРА

- (1) КОНСТАНТИНОВ П. Н. — Основы сельскохозяйственного опытного дела, 1952.
- (2) МОСОЛОВ В. П. — Сочинения, Москва, 1955.
- (3) РОЖДЕСТВЕНСКИЙ Б. Н. Методика опытно-исследовательского дела по полеводству, Киев, 1958.
- (4) СКОРОДУМОВ А. С. — К методике изучения лесной подстилки, сб. „Проблемы советского почвоведения, 1940.
- (5) СКОРОДУМОВ А. С. — Эрозия почв и борьба с нею, Киев, 1955.
- (6) УНШАРТ Дж. и САНДЕРО Г. — Основы методики полевого опыта, Москва, 1958 г.

AN APPROACH TO A RATIONAL ANALYSIS OF SOIL EROSION HAZARD

Richard J. ALVIS ⁽¹⁾
U.S.A.

By attempting to reduce soil erosion into its fundamental forces or energy regimes, and studying the components of each, a useful theory of erosion and its application to a rational analysis of erosion might be evolved. A theory resulting from such an approach is stated below.

1. EROSION IS THE FUNCTION OF TWO FORCES

These forces are: 1) The stability capacity (force) of soil and, 2) the moving capacity (force) of an external agent.

The first of these two forces (potential energy) expresses the capacity of the soil to resist movement. This force may be reduced to the more basic components of: cohesion of individual surface aggregates, friction between the surface aggregates, and mass of the average surface aggregate. It is theoretically possible to calculate the magnitude of this force, or estimate its magnitude, in accord with empirical procedures devised by soil engineers.

The second of these forces (kinetic energy) is the force of the erosive agent, i.e., running splash, or wind. The basic components are mass and velocity, and the force can be expressed as $\frac{1}{2} MV^2$.

2. THESE TWO FORCES ARE INDEPENDENT OF EACH OTHER

Variations in magnitude of either force do not change, reflect, nor bear direct relation to the magnitude of the other force. Statistically the forces may be known as independent variates.

3. THE RELATION OF BOTH THESE FORCES TO EROSION IS FIXED

If the two forces are known quantitatively, then the magnitude of the erosion force can be calculated, and converted into a volumetric expression. Statistically, then, erosion is a dependent variate.

This theory has an implication for any scheme used to predict erosion hazard. This implication is based upon the regression theory that predicted values will be more precise when derived from independent variates (the two fundamental forces of erosion) than when derived directly from correlated variates. The factors affecting erosion, such as soil, topography, climate, and vegetation, are correlated variates; i.e., these factors are related to one another. To understand this relation, one needs only to consider the single fact that topography, climate, and vegetation are genetic factors of soils. Many other relations between these factors also exist.

The accuracy of evaluating the magnitude of each force is necessarily limited by the existing level of knowledge of the aforementioned factors as they affect each force. However, so long as erosion is evaluated only by its two fundamental forces, the resultant hazard rating will theoretically be the most accurate prediction possible for the existing state of knowledge.

⁽¹⁾ Soil Scientist, Intermountain Region, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Ogden, Utah.

The method of rating erosion hazard through the two forces of erosion has many advantages, in addition to its being based on the regression theory. In analysing the two forces of erosion, each force should be reduced into its basic components (mass, velocity, coefficient of friction, etc.), insofar as possible. Each factor (or subfactor) affecting erosion could then be related to the individual components of the two forces. In this manner, the relation of each factor (or subfactor) to erosion would be established upon a rational rather than an empirical basis.

Some equations progressing from theory to more applicable expressions are presented below. The equations are relevant to small areas (pedon surface) and do not account for influences originating from adjacent areas, or from vegetal cover :

Erosion force (energy) = Erosive agent force (kinetic energy) - Soil stability force (potential energy) or abbreviated :

$$F_e = F_{ea} - F_{ss}$$

For water erosion hazard alone during the most intense probable rainfall period, the two component erosion forces might be shown as :

$$F_{ea} = \frac{1}{2} MV^2 = \frac{1}{2} \{[(\text{peak resultant runoff mass}) \times (\text{peak resultant runoff velocity})^2] + [(\text{peak rainfall mass}) \times (\text{rainfall velocity})^2]\}$$

Further simplified, where f represents «function of», the above may be expressed as :

$$F_{ea} = \frac{1}{2} \{[(f \text{ soil infiltration capacity}) \times (\text{rate and duration of rainfall})] \times [(f \text{ slope gradient}) \times (f \text{ slope roughness})]^2 + [(\text{rate of rainfall} \times (\text{velocity of rainfall}))^2]\}$$

$$F_{ss} = (\text{cohesion}) \times (\text{coefficient of friction}) \times (\text{mass of individual aggregates of surface soil})$$

$$F_{ss} = (\text{strength of surface aggregate}) \times (\text{mass of average surface aggregate}) \times (\text{coefficient of friction between surface aggregates})$$

The above equations probably can be expressed more precisely, and most certainly they could be refined as our general knowledge and experience of erosion grows. The resultant erosion force, as derived from the equations, could be expanded from pedon surfaces to soil profiles including characteristic vegetal covers. This can be done by using average slope gradients, average surface structural strengths and sizes, etc., for the series in the calculations, and by modifying the force of the erosive agent by factors of the average dissipating influence of the vegetation and the average increasing influence (runoff) from adjacent areas.

The force of erosion can be converted into volume of erosion when a minimum distance of soil movement to qualify as erosion is stated. This distance and the mass of the surface soil aggregates are the two items needed to convert force (energy) into volume.

ON THE REGULARITIES OF LONG TERM RIVER FLOW FLUCTUATIONS AND ON THE METHODS OF ESTIMATION OF LINGERING DROUGHT

S. N. KRITSKY

Doctor of technical sciences

M. F. MENKEL

Doctor of technical sciences

1. The practical aim of river flow studies is to foresee the flow under which projected hydraulic works are to be operated. The prevision of the future is based on the knowledge of the past.

To decide which traits of the past can be transferred into the future it is necessary to ascertain the laws of long term river flow alterations and fluctuations. To find out these laws is the most important problem of scientific hydrology as of a branch of geophysics.

2. River flow is affected by climatic factors and by the landscape. (The morphometric and hydraulic characteristics such as the size and the contours of the catchment area, slope and the roughness of the channel, may be considered as features of the landscape).

The climatic factors fluctuate uneasingly. The landscape transforms these fluctuations into the fluctuations of the river flow.

3. Two modes of alteration of climatic phenomena with the course of time are to be distinguished: the determined processes like the change of day and night, and the random variations. The determined component of the fluctuations allows precise forecasting; random variations can be foreseen only as probabilities of various possible values.

The sequence of river flow values is considered as a stochastic process, with the course of time altering the parameters of the frequency distribution.

4. The estimation of a river flow regimen proceeds from physical methods combined with statistics and the theory of probability. The physical conceptions fix the laws and relations to be studied. The frequencies of meteorological and hydrological characteristics are ascertained by means of probability methods.

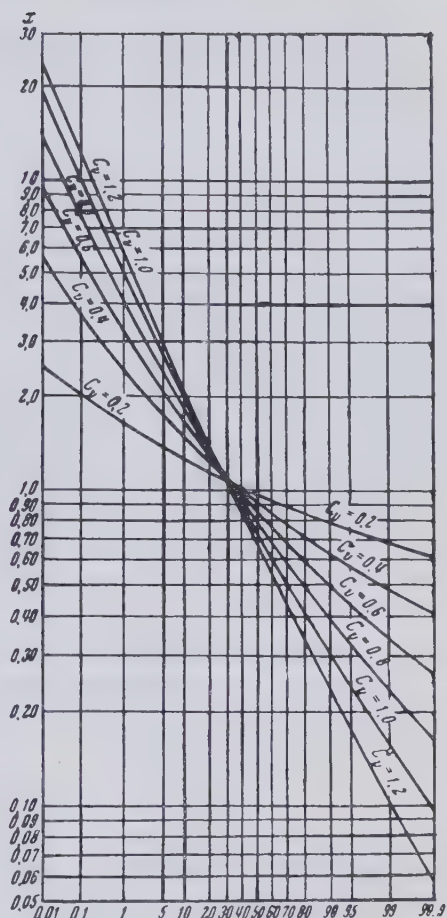
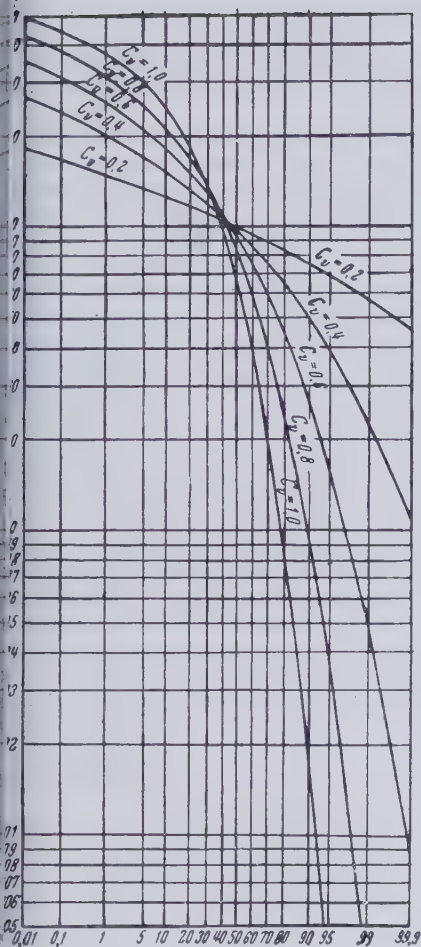
5. Direct flow gauging records and the correlation of river flow with climatic and landscape factors are to be used jointly to foresee the hydrological conditions of the operation of hydraulic works. If gauging records are available the most direct way of river flow estimation is to use them. Meteorological data supply valuable additional information.

6. The practical estimation of river flow characteristics proceeds from the following assumptions:

a) the long-term mean flow tends to be expected not to change in practice during decades of years.

This assumption can be somewhat extended: the frequency distribution of the flow must be supposed to be stable within the periods concerned in practical estimates;

b) the flows in similar seasons, varying from year to year, repeat in general traits the frequency distribution obtained during every long term period. To show this the long term records of some rivers have been divided into 2, 4 and 8 parts and the annual flows have been plotted in order of magnitude. The longer the period—the closer becomes the frequency curve to that one representing the total record. Fig. 1 illustrates this. The mentioned assertion is the primary importance. It is the base of every river development planning—storage reservoirs, hydroelectric plants etc.



a

b

Fig. 1 — Duration curves of maximum discharges of the river Rhine.

c) The flow variations follow certain frequency distributions. This assumption is a consequence of the preceding one. Phenomena of more or less homogenous origin are to be combined for frequency distribution studies. Amounts of flow due to the action of similar factors may be expected to be relatively simply distributed. Frequency curves developed on the theory of statistics can be found to fit them. The following flow characteristics are stated as «seasonally homogenous»:

- the volumes of annual flow;
- the volumes of seasonal flow, such as the season of spring flood, the low water season etc.
- characteristic flow values—the annual maximum flood discharges of spring floods, floods due to heavy rains etc.

This classification may be applied also to other phenomena displaying regular seasonal cycles e.g. the precipitation, the temperature of the air etc. Each variate of such samples belongs

to a definite year. Thus the number of variates forming a sample equals the number of years of record.

d) The seasonal fluctuations of the river flow follow an annual cycle reflecting the alternation of seasons. This regularity permits one to foresee the main traits of the seasonal regime of the river flow.

e) Besides the seasonal cycles and the annual variations the river flow tends to manifest the anomalies, i.e. once started a deviation of the flow from its mean favours a similar deviation during the following days, weeks, months. The flows of adjacent years seem to be correlated too. The pseudocycles of this type show no regular periodicity. The correlation between the flow of adjacent seasons and years is to be taken into account in the river flow calculations and in particular in the calculations of the long term storage required to regulate the flow.

7. To plot the frequency curves, statistics characterising the flow variations are to be estimated. For each river with several decades of flow gauging records the mean and standard deviation of annual flow can be estimated more or less accurately. A judgment about the value of the skewness coefficient can be obtained by analysing jointly the records of a number of hydrologically similar rivers. The annual flows of many rivers and some of their characteristics are in a satisfactory agreement with the gamma distribution—(Pearson's type III with skewness coefficient equal to twice the variation coefficient).

The standard sampling errors of variates following the gamma distribution are approximately expressed by the formula given below:

$$— \text{ the standard error of the mean } \bar{X} - \sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}};$$

$$— \text{ of the standard deviation } \sigma - \sigma_{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}} \sqrt{1 + 3C_v^2};$$

$$— \text{ of the variation coefficient } C_v - \sigma_{C_v} = \frac{C_v}{\sqrt{2n}} \sqrt{1 + C_v^2};$$

$$— \text{ of the skewness coefficient } C_s - \sigma_{C_s} = \sqrt{\frac{\sigma}{n} (1 + 6C_v^2 + 5C_v^4)};$$

$$— \text{ of the ordinate } X_p \text{ corresponding to the probability } p \text{ of exceeding } —$$

$$\sigma_{X_p} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{1 + 2\left(\frac{\varphi}{2} + \varphi' C_v\right)^2 (1 + 3C_v^2) + 4C_v \left(\frac{\varphi}{2} + \varphi' C_v\right) \cdot 4\varphi' C_v^2 (1 + \varphi C_v + \varphi'^2)}$$

Here $\varphi = \frac{x_p - \bar{x}}{\sigma}$ — the value obtained from the table of incomplete gamma function

(Foster's table); $\varphi' = \frac{d\varphi}{dC_s}$ can be approximately calculated as the ratio of increments

$\Delta\varphi$ to ΔC_s in the vicinity of $C_s = 2C_v$.

8. The sampling variance of estimation can be diminished by means of R. Fisher's maximum likelihood method. The best statistics obtained by this method depend on the frequency curve type which is supposed to fit the case examined. For the gamma distribution a method of estimation has been evolved based on the maximum likelihood principle. The best statistics are: the arithmetical mean and the geometrical mean, the last being equivalent to the mean λ of logarithms. The interrelation between λ and the variation coefficient

characterizing the frequency curve is represented by the expression

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n \lg x_i / \bar{x}}{n} = \frac{\partial}{\partial \gamma} \lg \Gamma(\gamma) - \lg \gamma.$$

where: x_i — the sampling value of the variate,

$\gamma = \frac{1}{C_v^2}$ — the parameter of the frequency curve,

Γ — the symbol of the gamma-function,

\lg — the symbol of decimal logarithms.

The relation between the values of the statistic λ and the parameter C_v is given by the following table:

0.019	0.035	0.056	0.082	0.114	0.153	0.198	0.250	0.378	0.455	0.540	0.632
0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5

The table permits the application of the maximum likelihood method to the practice of runoff estimates. This procedure is of a special importance for the rivers of arid regions. The runoff being highly varying (the variation coefficient of annual flow approximately 1), the annual flow of dry years does not effectively differ from zero. The observed values of such small quantities do not affect considerably the sampling variance estimated as the sum of squares. This estimate depends mainly on the high values of the flow of wet years. The logarithmic mean is more sensitive to the flow of dry years upon which the utilization of water resources depends.

9. The gamma frequency distribution does not fit all hydrological problems. A class of probability functions meeting the following wider requirements has been evolved: the variations within the interval $0 < x < \bar{x}$; three independent parameters—the mean \bar{x} , the variation coefficient C_v , the skewness coefficient C_r . The frequency curve is represented by the following expression:

$$\frac{dp}{dx} = \frac{1}{\bar{x}} \left[\frac{\Gamma(\gamma + b)}{\Gamma(\gamma)} \right]^{\gamma/b} \cdot \frac{1}{b \cdot \Gamma(\gamma)} \cdot e^{-\left[\frac{\Gamma(\gamma + b)}{\Gamma(\gamma)} \cdot \frac{x}{\bar{x}} \right]^{1/b}} \cdot \left(\frac{x}{\bar{x}} \right)^{\gamma/b - 1}$$

Here γ and b are the parameters correlated with the second (M_2) and third (M_3) central moments by the equations:

$$M_2 = \frac{\Gamma(\gamma) \cdot \Gamma(\gamma + b)}{[\Gamma(\gamma + b)]^2} - 1;$$

$$M_3 = \frac{[\Gamma(\gamma)]^3 \Gamma(\gamma + 3b)}{[\Gamma(\gamma + b)]^3} - \frac{3\Gamma(\gamma) \cdot \Gamma(\gamma + 2b)}{[\Gamma(\gamma + b)]^2} + 2$$

(The standard deviation $\sigma = \bar{x} C_v = \sqrt{M_2}$; the skewness coefficient $C_s = \frac{M_3}{M_2^{3/2}}$).

Tables and graphs have been constructed to show the values of X/\bar{X} corresponding to different values of the probability p of equaling or exceeding, the ratio C_s/C_v being 1; 1.5; 2; 6; (Fig. 2); with $C_s/C_v = 2$ the considered frequency curves turn into the gammadistribution.

10. To express quantitatively the tendency of the wet and dry years to appear in groups the sequences of annual river flow are usually considered as Markov chains. The correlation coefficient r between the flow of adjacent years characterises the rate of their interrelation. Usually the simple Markov chains are applied. Only the immediately adjacent years are

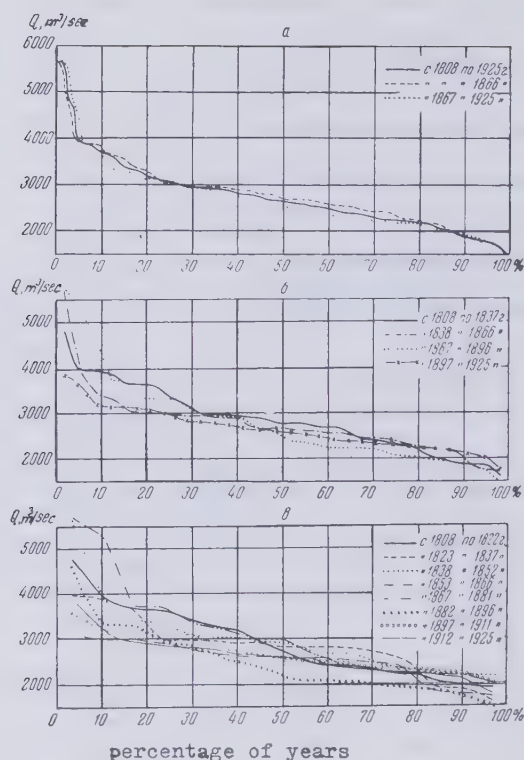


Fig. 2 — Frequency curves,
a) $C_s/C_v = 1.0$
b) $C_s/C_v = 6.0$

assumed to be directly interacting. Thus the correlation coefficients between the annual flows separated by $n + 1$ intermediate years equal r^n .

Formulae have been published (1946) to estimate the statistics of annual flow variations considered as simple Markov chains:

a) the best estimate of standard deviation is

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{1 - \frac{2r}{n(n-1)(1-r)}}}$$

Here S is the sampling standard deviation calculated from the samples of n values;

b) the standard sampling error of the mean is

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{1 + \frac{2}{n} \frac{r}{1-r} \left(n - \frac{1-r^n}{1-r} \right)}$$

c) the interrelation between the sampling estimate r_b and the best estimate r of the correlation coefficient is

$$r_b^2 = \frac{r^2 - \frac{2r}{n(n-1)(1-r)} \cdot \left(n - \frac{1-r^n}{1-r} \right)}{1 - \frac{2r}{n(n-1)(1-r)} \cdot \left(n - \frac{1-r^n}{1-r} \right)}$$

11. The sampling estimates of correlation coefficients between the adjacent annual flows of each separate river are not accurate. The available gauging records do not supply samples sufficiently large to secure accurate estimation. However these coefficients have shown positive values for the overwhelming majority of analysed river flow records. The mean value of the correlation coefficient for 40 examined rivers of the U.S.S.R. is -0.24 . Only 4 values were negative, all 4 being close to zero. This fact corroborates the tendency to form dry and wet cycles of years.

12. The studies of the cycles of wet and dry years were especially stimulated by the protracted 7 year drought of 1933-1940. This sequence of dry years has been observed on many rivers of the European and Asiatic parts of the U.S.S.R., in particular the basins of the Volga, Don and the Ural. The deficiency of river flow caused an unprecedented fall of the Caspian level.

The drought was especially hard on the rivers of the arid Kazakhstan-Tobol, Ishim, Nura. Studies were carried out to supplement the estimation of the return-period of the lingering drought of the thirties. These studies are of considerable practical importance. The determination of the required storage and the supply with water of waste industrial and agricultural regions depend on the approach to the problem of lingering droughts.

The flow records of the river Volga were examined; the most reliable covered a period of 16 years (1881-1956). As a control the river Niemen data were analyzed, the flow records being available for 139 years (1812-1956).

The study has shown that the observed alternation of the annual flows does not confirm the supposition that they are statistically independent. The tendency for grouping of wet and dry years is pronounced.

13. As an illustration of this the following results may serve. The members of groups consisting of $1, 2, \dots, n$ consecutive years with the annual flow above and below the median have been calculated. The numbers of years belonging to each of these groups have also been counted up. Theoretically, provided the variations of annual flow were independent, the probability of groups of n consecutive dry or wet years would be $(1-p)^2 p^n$ and $p^2(1-p)^n$. Here p means the probability of exceeding the flow considered to be the verge dividing the "wet" years and the "dry" years. With $p = 1 - p = 0.5$ (the median) the probability of groups comes equal to 0.5^{n+2} . The probability that a year belongs to a group of n is $n \cdot 0.5^{n+2}$. This theoretical expectation has been compared with observations. The main results are as follows: total number of groups on the river Volga is 28 instead of the theoretical 36; on the river Niemen 58 instead of 69. The average number of years in a group (the length of the cycle) on the Volga is 2.6 years, on the Niemen 2.4 years; the theoretical expectation equals 2 years. Single dry and wet years were particularly deficient. On the Volga 9 such years have been observed instead of 18 theoretically; on the Niemen 21 instead of 35. Protracted sequences of 5-8 dry and wet years have been observed both on the Volga and on the Niemen. On the Volga these were one 8 year-long dry cycle and two 6 year-long wet cycles; on the Niemen one 7 year-long dry and one 7 year-long wet cycles. The theoretical expectation of such protracted cycles is essentially less than 1; not a single case might be expected within samples of the given volume if the annual flows were statistically independent. There is evidence that the protracted drought on the river Volga observed in the thirties is to be considered as an extraordinary phenomenon. The secular frequency of such droughts seems to be far less than once in a century. We can suppose that this conclusion can be extended to the waste regions of the European and Asiatic territories of the U.S.S.R. touched by the anomaly.

14. The origins of the cycles observed in the alternation of the annual flows are not clear. Apparently they depend upon the fluctuations of some geo-and helio-physical processes. The periodicity of the so called Wolf's numbers is a matter of common knowledge. Yet at the present no trustworthy results have been obtained with the attempts to clear up the connection between this regularity and the river flow fluctuations.

15. The problem of determination and quantitative expression of the laws of river flow fluctuations is yet far from being solved. Every more or less considerable and lingering deviation from the average is perceived as an anomaly and arouses doubts: has the runoff changed its character? Is it correct to plan river development in the expectancy that the future flow will be similar to the past? To answer these questions with more confidence coordinated studies are necessary in various directions.

The following main problems especially need further studying: secular tendencies in the cycles in the river flow; the frequency distribution of annual and seasonal flow values, minima and maxima etc.; the laws of alternation of dry and wet years. Rivers of various climatic zones and of different hydrological types are to be studied. The insufficient length of separate flow gauging records is to be compensated for by means of joint analysis of hydrologically similar rivers. In parallel to the flow record studies, the inter-relations of hydrological phenomena with the geo-and helio-physical processes that influence them (e.g. meteorological characteristics, solar cycles) are to be examined.

The study of natural river flow must be followed by research elucidating the alterations due to human activities—deforesting, following of virgin areas etc.

LITERATURE

- (1) KRITSKY S.N. and MENKEL M.F., Hydrological foundations of hydraulic engineering, Acad. Sci. USSR, Moscow, 1950.
- (2) KRITSKY S.N. and MENKEL M.F., On the methods of studying the random variations of river flow, *Gidrometeoizdat*, 1946.
- (3) TSING GUANG YANG, Theoretical errors of hydrological characteristics, Peking, 1956 (Chinese).
- (4) KRITSKY S. and MENKEL M.F., On the application of the maximum likelihood method to sampling estimation of the statistical parameters of river flow, *Izvestiya Akademii Nauk S.S.S.R., Otdelenie tekhnicheskikh nauk*, N 4, 1949.
- (5) KRITSKY S.N. and MENKEL M.F., The selection of the type of frequency curves for river flow studies, *Izvestiya Akademii Nauk S.S.S.R., Otdelenie tekhnicheskikh nauk*, N 6, 1948.
- (6) KRITSKY S.N. and MENKEL M.F., The utilization of water resources of arid zone rivers, *Trudy Vsesoyuznogo gidrologicheskogo syezda*, tom VI, *Gidrometeoizdat*, 1959.

ORGANISATION ANTIEROSIVE DES PLANTATIONS FORESTIERES ET SES CARACTERISTIQUES QUANTITATIVES

KHOLOUPIAK K. L.

Communication présentée à l'Assemblée Générale de Helsinki 1960

L'érosion actuelle des sols est un processus geomorphologique complexe. Son caractère et son intensité ne dépendent pas seulement des conditions physico-géographiques mais encore de l'activité de l'homme sous ses divers aspects, dirigée en vue d'obtenir une utilisation toujours plus efficace des richesses naturelles de la terre^(1,2,3,4). Ce sont là les facteurs qui déterminent la grande diversité des méthodes utilisées pour la protection des sols^(5,6,7).

Dans l'ensemble complexe des mesures antiérosives, une place importante revient à la sylvification, c'est-à-dire à la création d'une couche protectrice, constituée par un tapis d'herbes, d'arbres et d'arbrisseaux. Mais ce sont les plantations forestières et les bosquets qui possèdent au plus haut degré la faculté de régler l'écoulement et de protéger les sols de l'érosion. Parmi les différents procédés de bonification, appliqués à une large échelle en agriculture, ces plantations sont effectuées sous la forme de bandes boisées de différentes largeurs, à savoir : bandes de protection des champs, bandes en bordures des ravins, combes, creux etc., celles organisées le long des rivages, bandes en lignes de partage des eaux, bandes de réglage des écoulements (sur pentes longues) ainsi que les courtines et massifs de formes diverses de configurations différentes. Toutes les plantations situées directement au-dessus de la limite du réseau hydrographique se rapportent au groupe au-dessus des lisières⁽²⁾. Une large partie de l'écoulement d'une côte afflue vers les lisières. Les terrains adjacents aux lisières des pentes de forme convexe sont d'ordinaire recouverts d'un réseau de creux et ravines longitudinaux plus ou moins importants. Tout ceci contribue à la concentration de l'écoulement et passe dans les plantations au-dessus des lisières sous la forme de courant de fond.

Comme l'ont démontré les résultats des recherches effectuées, la déviation des limites supérieures des plantations (limites frontales) de la direction des horizontales du site, constitue également l'un des facteurs de naissance des courants le long des lisières^(1,3,8,9).

En se déplaçant le long des limites supérieures inclinées, les courants d'érosion, selon leur puissance, la pente et la nature du sol, forment des creux et des ravines, voir même des ravins. Les courants des lisières confluent avec ceux de fond (coulant au fond des ravins etc.) et alimentent la pente boisée par les secteurs récepteurs formant angle rentrant dans le bois.

Si la lisière passe par une horizontale sur une côte relativement peu accidentée l'écoulement s'opère dans la partie boisée d'une façon plus régulière et par front de déversement large. La formation d'un gradin de labour réduit sensiblement la vitesse d'écoulement et favorise l'accumulation régulière des produits d'érosion. Un tel élément du microrelief freine les phénomènes d'érosion.

Nous avons pu établir que la faculté de régler l'écoulement et la propriété de colmatage des plantations dépend de la surface réceptrice d'écoulement, de la profondeur et de la puissance des courants alimentant le secteur boisé.

En outre on a pu établir une autre règle importante : plus le front récepteur d'écoulement est large, plus la profondeur du courant, sa vitesse et son pouvoir de transport sont réduits. Dans ce cas la masse principale de terre emportée est déposée près des lisières des bois.

Débarassé des produits d'érosion, le courant, ayant perdu sa vitesse, se répartit sur la surface de la côte boisée pour être progressivement absorbé par la litière de feuilles et le sol.

Pour que le bois puisse absorber les écoulements, la litière de feuille et le pouvoir filtrant des terres ne doivent pas subir l'effet destructif des courants d'eau et des produits d'érosion. Cependant dans les plantations forestières jeunes créées par la main de l'homme les propriétés bonificatrices des zones boisées doivent se développer à nouveau sous l'effet destructif de l'eau.

Plus les courants d'eau sont étroits et profonds, plus ils pénètrent à l'intérieur des bandes boisées et plus celles-ci doivent être larges. Par conséquent, la largeur minima requise des bandes forestières diminue avec l'élargissement du front récepteur de l'écoulement, c'est-à-dire avec la longueur des secteurs récepteurs, ce qui permet de réduire les surfaces labourables destinées aux plantations forestières de protection. Ainsi l'efficacité de l'action protectrice antiérosive et régulatrice d'écoulement dépend pour une large part du traçage des plantations sur place.

Afin d'augmenter l'action bonificatrice des bois il est généralement recommandé de disposer leur front récepteur en principe, en lignes horizontales. Il est évident qu'une telle recommandation, théoriquement justifiée, est pratiquement difficilement réalisable, car chaque spécialiste évalue à sa manière « l'oblicité » des limites des plantations d'un site.

Pour résoudre ce problème compliqué qui fait partie de celui de l'organisation de la protection des sols du territoire, l'auteur a mis au point une méthode originale qui a permis d'établir les caractéristiques d'une organisation planifiée des plantations forestières de protection antiérosive et de formuler leur valeur quantitative.

Voici une brève description de ces caractéristiques :

1. Pour qu'une plantation forestière puisse remplir sa fonction protectrice, l'écoulement du champ doit passer sous son feuillage. Cette condition essentielle peut être remplie si la plantation en question sera disposée sur le passage de l'écoulement naturel ou si ce dernier sera artificiellement dirigé sur la côte boisée.

Le rapport entre la partie (f) du bassin d'écoulement du champ qui rencontre sur son chemin le secteur boisé, d'une part, et la surface totale (F) du bassin naturel ou artificiel demandant à être organisée, d'autre part, constitue une donnée caractéristique sur la valeur générale d'une plantation antiérosive :

$$A = \frac{f}{F}$$

$A = 1$, à condition que tout l'écoulement afflue aux limites de la plantation : $f = F$. Si le bois est situé dans la zone de séparation des eaux ou en dehors du bassin dont l'écoulement demande à être réglé, $A = 0$. Dans les autres cas $A < 1$. Il en résulte qu'un fort pourcentage de forêts ou de surfaces boisées est insuffisant pour caractériser l'efficacité antiérosive d'une plantation forestière. Les résultats des recherches effectuées montrent que l'érosion peut avoir lieu même à une densité forestière de 50 à 60 % lorsque les plantations sont mal organisées.

2. La fonction régulatrice de l'écoulement d'une plantation disposée sur son chemin pour une valeur A élevée ne peut être assurée qu'à condition que les eaux passent sous son feuillage.

Selon le mode de leur répartition sur les côtes, les lisières réceptrices peuvent être horizontales, inclinées ou suivre les pentes ou les lignes de séparation des eaux. Une fois que les eaux d'écoulement provenant des champs sont arrivées aux lisières et qu'elles se répartissent le long de celles-ci sous l'effet du microrelief artificiellement créé ou des neiges, elles pénètrent à l'intérieur du bois par les secteurs récepteurs angulaires et de fond. Plus ces secteurs sont étendus, c'est-à-dire plus le front d'écoulement des eaux vers les terrains boisés est large, moins les courants sont profonds et moindre est leur force érosive; « la charge » de déversement est également moindre et la faculté bonificatrice des bois est plus marquée.

L'indice ou le coefficient de l'organisation antiérosive se laisse exprimer par le rapport $K = \frac{B}{L}$, B étant la longueur des secteurs récepteurs (en m) et L la longueur totale de la ligne du front d'attaque des eaux (en m).

Lorsque les eaux d'écoulement sont déversées sur tout le front d'attaque (par exemple en cas de sa disposition horizontale) : $B = L$ et $K = 1$. Si l'écoulement par suite de la disposition des lisières ou de sa dérivation artificielle (une route, par exemple) n'arrive pas dans la partie boisée, alors $B = 0$ et $K = 0$.

Même si le facteur de l'organisation générale A égal 1, K peut être nul. Ceci signifie que l'écoulement n'alimente pas le bois et ne remplit pas sa fonction protectrice. Dans certains cas une mauvaise organisation des lisières provoque l'apparition de nouveaux foyers d'érosion.

3. L'écoulement provenant d'un bassin naturel ou artificiel arrive dans une plantation sous la forme d'un bosquet par un ou plusieurs secteurs récepteurs; le rapport entre la surface du bassin (F) et la longueur totale des secteurs récepteurs fut dénommé «charge de déversement»:

$$F/B$$
. Plus F est petit et plus B est fort, plus la charge est faible et plus l'efficacité bonificatrice de la plantation augmente. En élevant le coefficient d'organisation antiérosive K on peut réduire équitablement la charge de déversement.

4. Etant donné que les eaux d'écoulement du champ parviennent dans les plantations par les secteurs de déversement réduits, elles se répartissent non pas sur toute la surface de la bande boisée mais sur les terrains en pente séparés. Les terrains boisés participant directement à la réception, à la distribution et à l'absorption des eaux d'écoulement ainsi qu'au colmatage des produits d'érosion sont appelés «terrains actifs».

La surface R d'un «secteur actif» peut être exprimée par le produit de la largeur moyenne du courant et de la longueur de parcours du courant (a): $R = a \cdot b$ m². Si l'on suppose avec une certaine réserve que $b = B$, c'est-à-dire que b est égal à la longueur des secteurs récepteurs et que la longueur de parcours à l'intérieur du terrain actif (a) est égale à la largeur minima indispensable de la plantation D , nous observons alors que D augmente avec B décroissant et inversement.

5. L'écoulement liquide et solide provenant du bassin d'écoulement du champ (F) doit être totalement ou partiellement absorbé ou retardé par les «Terrains actifs». Plus le débit d'écoulement par unité de surface active du bois est fort, plus la charge bonificatrice est élevée:

$$M = \frac{F}{R}.$$

Le courant conserve son énergie érosive sur un parcours (a) d'autant plus long que le bassin d'écoulement est grand, la charge de déversement (H), élevée et la pente du Terrain actif (i), forte. Par conséquent, toutes autres conditions étant égales, la largeur de la bande boisée devra être plus forte pour régler l'écoulement en rapport avec les facteurs suscités. Les recherches que nous avons réalisées avec le concours de notre collaborateur scientifique A. D. Chernickev (¹⁰) ont permis de constater qu'il existe une corrélation relativement étroite (coefficient de corrélation: 0,94) entre les valeurs de la charge bonificatrice (M) et les pentes des Terrains actifs (i). Ainsi, pour les bassins de l'ordre de 20 à 25 ha: $M = 73 - 253 i$.

Etant donné que $M = \frac{F}{R} = \frac{F}{a \cdot b}$, $a = \frac{F}{M \cdot b}$, la longueur du terrain actif, a , est directement proportionnelle à la surface du bassin d'écoulement et inversement proportionnelle à la largeur moyenne du courant (b) ainsi qu'à la valeur de la charge bonificatrice M . En substituant la valeur M dans cette formule on obtient: $a = \frac{F}{b/73 - 253i}$.

Cette formule empirique permet de calculer la largeur minimum d'une bande forestière pour les différentes charges bonificatrices, qui, à leur tour, dépendent de la largeur des secteurs de déversement, c'est-à-dire du mode de répartition des lisières des bois sur la côte (¹¹).

6. Nous avons appelé «indice de réglage» le rapport entre la surface du bassin d'écoulement contrôlée par le bois (F^v) et la surface totale du bassin (F): $Z = \frac{F^v}{F}$. Lorsque $F^v = F$, $Z = 1$; ceci signifie que l'écoulement provenant du bassin donné est totalement (ou dans les limites indispensables) réglé par la plantation forestière.

7. L'efficacité d'une plantation forestière, quant à son action antiérosive et régulatrice de l'écoulement, dépend de la dimension des terrains actifs (R) qui ne constituent ordinairement qu'une partie de la surface boisée totale (P). Par conséquent, le rapport $C = \frac{R}{P}$ peut également caractériser l'utilité bonificatrice d'une plantation.

Si l'on compare entre elles les principales données de l'organisation protectrice antiérosive des différentes plantations on constate que les forêts naturelles, dans la plupart des cas, nettement mieux constituées que les plantations artificielles. Ainsi, par exemple, le coefficient d'organisation des fronts d'attaque d'écoulement des massifs artificiellement créés aux bords des ravins d'une part, et les bandes forestières de protection des champs, d'autre part, sont dans les limites comprises entre 0,008 à 0,028, tandis que ce même coefficient est de 0,2 à 0,36 pour les bois.

Mais c'est la différence de la longueur des terrains de déversement qui est particulièrement frappante. Pour les forêts naturelles cette longueur est de dix à cent fois plus grande que pour les bois artificiellement créés. L'organisation antiérosive plus parfaite des limites, ainsi que les conditions de répartition des bois en creux se font favorablement sentir sur l'efficacité de leur action antiérosive et régulatrice de l'écoulement.

La comparaison des caractéristiques de réglage d'écoulement des charges bonificatrices, des charges de déversement et des coefficients d'organisation protectrice montrent que malgré les propriétés et la nature des plantations il existe entre eux une corrélation. Comme on voit d'après les données du tableau 1, les écarts isolés ne troublent pas cette relation globale.

Pour les plantations du même type cette relation est plus prononcée.

Comme il en ressort des données du tableau 2 il existe une relation directe entre les indices de réglage (Z) et les coefficients d'organisation antiérosive (K), même pour les secteurs séparés des fronts d'attaque d'écoulement d'une seule plantation. Un rapport identique a pu être établi pour les bois naturels en creux du même type (Tab. 3).

TABLEAU 1

Éléments principaux d'organisation des bois naturels et artificiels.

Nos d'ordre	Genre de bois	Indice de réglage (Z) en %	Charge bonificatrice moyenne (M), m ²	Charge de déversement (H), ha	Coefficient d'organisation antiérosive (K)
1	Bande forestière de protection des champs N33	0,4	15571,4	31,1	0,03
2	Bande en bord de ravins, ravin Boueratchni	2,6	7136,3	7,2	0,008
3	Massif forestier de Véliskoanadolsk	7,7	267,2	36,6	0,08
4	Bois d'Artioukhovo (*)	18,7	106,7	0,36	0,26
5	Plantation en bord de ravins, ravin Kounine Iar	25,7	259,0	0,24	0,028
6	Bois Srednié (*)	70,4	62,2	0,12	0,27
7	Bois Troïtchatové (*)	93,3	39,5	0,05	0,32
8	Bois Bolchoï Oumanéz (*)	100	47,0	0,08	0,36

(*) Bois naturels.

TABLEAU 2

Coefficients d'organisation antiérosive des lisières (K) et indices de réglage des bassins (Z) le long des secteurs en lisières pour la plantation en bord du ravin, Kounine Iar.

Secteur	Nos des secteurs en lisière					Pour toute la partie boisée
	1	2	3	4	5	
K	0,4	2,0	16,5	0,9	0,1	2,8
Z	0,6	23,2	56,7	17,8	0,7	25,7

Ici le coefficient de corrélation se chiffre par $r = 0,92 \pm 0,20$; l'erreur probable étant : $\pm 0,05$.

Nous avons constaté une relation inversement proportionnelle, presque fonctionnelle, entre les indices de réglage et la charge de déversement.

TABLEAU 3

Indices de réglage des charges de déversement des écoulements et coefficients d'organisation des bois naturels.

Éléments d'organisation	Noms des bois			
	Artioukhovo	Srédié	Troïtchatoué	Bolchoï Oumanez
Indice de réglage (Z) en %	18,7	70,4	93,3	100
Charge de déversement (H), ha/m	0,36	0,12	0,05	0,08
Coefficient d'organisation antiérosive (K)	0,26	0,27	0,32	0,36

La relation directe établie entre les caractéristiques de l'utilisation bonificatrice des plantations et leur organisation antiérosive est mise en évidence par les données du tableau 4.

L'efficacité de l'action protectrice des bois est d'autant plus élevée que les lisières sont mieux organisées et que la surface active du bois réglant l'écoulement est grande.

Toutes les caractéristiques examinées ci-dessus furent étudiées dans des conditions ampêtrées, sur place, dans la zone des steppes et des steppes boisées de l'Ukraine.

TABLEAU 4

Influence du coefficient d'organisation antiérosive sur le coefficient d'utilisation bonificatrice des bois en bord des ravins

Nos d'ordre	Nom du bois en bord de ravin	Coefficient d'organisation antiérosive (K) en %	Coefficient d'utilisation bonificatrice (C) en %
1	Kounine Iar	2,8	1,9
2	Kovalev Iar	12,0	8,0
3	Lostchina Ie	20,7	18,8

Les pentes longitudinales des limites et des secteurs actifs furent mesurées à l'aide d'un instrument conçu par l'auteur et d'une nivelle. La surface des secteurs actifs et l'étendue des secteurs-recepteurs furent mesurées d'après les traces laissées par les averses et les écoulements printaniers. L'efficacité antiérosive des plantations fut évaluée d'après leur action protectrice totale de longue durée (plusieurs années) en tenant compte de son état, de son âge et de autres facteurs. Tous les calculs furent basés sur la surface des bassins d'écoulement. La méthode proposée permet d'étudier rapidement les caractéristiques d'un grand nombre de plantations disposées dans les différentes zones du pays ainsi que de se rendre compte de la mesure leur disposition répond aux conditions d'une absorption maxima de l'écoulement des champs. Elle permet également de disposer les plantations nouvelles d'une manière rationnelle.

LITERATURE CITED

- (1) АРМАНД Д. Л. — Антропогенные эрозионные процессы. Сб. Сельскохозяйственная эрозия и борьба с ней. М. 1956.
- (2) АРМАНД Д. Л. — Защита склонов гидрографической сети от эрозии с помощью прибавочных лесных полос. Ж-л. „Почвоведение”, № 2, 1958.
- (3) КОЗМЕНКО А. С. — Основы противоэрозионной мелиорации. М. 1954.
- (4) СОВОЛЕВ С. С. — Развитие эрозионных процессов на территории Европейской части СССР и борьба с ними. Т. I, М., Л., 1948.
- (5) АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ — 2е издание под редакцией проф. Н. И. Сухова. М., 1959.
- (6) БЕННЕТ Х. Х. — Основы охраны почвы. Перевод с английского Т. Л. Чебаковой, под редакцией проф. С. С. Соболева. М. 1958.
- (7) СИЛЬВЕСТРОВ С. И. — Рельеф и земледелие. М., 1955.
- (8) ХАРИТОНОВ Г. А. — Мелиоративно-биологическая характеристика водно-охранный-почвозащитных лесов и принципы хозяйства в них. Курск, 1937.
- (9) ХОЛУПЯК К. Л. — Противоэрозионное размещение границ лесонасаждений и нераспахиваемых угодий. Сб. Полезащитное и противоэрозионное степное лесоразведение в УССР. Р.Т.О. Киев, 1952.
- (10) ХОЛУПЯК К. Л. — Новые данные для расчета ширины противоэрозионных лесных насаждений. Научные труды Укр. н.-и. института лесного хозяйства и агролесомелиорации. Киев, 1956.
- (11) ХОЛУПЯК К. Л. — Размещение и расчет ширины противоэрозионных насаждений в лесостепной зоне УССР. Сб. Эрозия почв и борьба с нею. М., 1956.

CALCULATION OF MINIMUM RUN-OFF OF UNEXPLORED RIVERS IN THE U.S.S.R.

V. BARANOV and L. POPOV

*Academy of construction and architectural sciences of the USSR
All-union scientific-research institute «Vodgeo»
Laboratory of hydrological research*

CONDITIONS OF FORMATION AND FACTORS INFLUENCING MINIMUM RUNOFF

Minimum runoff of rivers in the U.S.S.R. is observed both during the summer-autumn and winter seasons. For most of the territory of the U.S.S.R. the winter minimum runoff is lower than the summer minimum.

Minimum summer runoff in rivers is usually observed during the second half of the season when there are no rains. They may, depending on precipitations, be encountered repeatedly during the season. That is why the date of beginning of summer minimum runoff, its value and duration may be not stable and vary both by time and space.

Winter minimum runoff is also observed, mainly, during the second half of the season. These minimum runoffs in the Northern and Eastern districts are of higher stability than the summer minimum, while in the Western district it is just the opposite.

The duration of stable minimum runoff varies from one to several scores of days. In cold districts, in the North-East of the European part of the U.S.S.R. and in the North of the Asiatic part of the U.S.S.R. the duration of the minimum summer runoff is less, while the winter minimum, on the contrary, is of longer duration.

In the South-Eastern and Southern warm regions the duration of summer minimum runoff is of the highest observed value.

Minimum runoff is formed by groundwater and surface water.

The fraction of surface water in the formation of the winter minimum is insignificant and sharply increases when forming the summer minimum in the Northern regions, especially in the Far North.

Groundwater is the most important factor in forming the minimum river runoff for the entire territory of the U.S.S.R. in winter and for most of the country's territory in summer.

When the reserves of groundwater get exhausted and there are no rains the rivers dry up in summer.

In winter for most of the territory of the U.S.S.R. the rivers are fed by the reserves of groundwater remaining after the summer-autumn (warm) season. It may be said that the more these reserves and the longer the duration of winter, the lower the winter runoff of the river. When the groundwater reserves are exhausted and there are no thaws the rivers freeze in winter.

In permafrost regions, where there are but insignificant reserves of groundwater and the winters are severe and of long duration, winter river flow sharply decreases or stops altogether. In these places the value of winter minimum runoff is adversely affected also by overlying ice, the formation of which requires a significant amount of river water.

In moist zones of the tundra (marshy plain) and forest-tundra, where there is no great humidity deficit and consequently, water evaporation from the ground is insignificant, groundwater reserves during the summer season are of higher stability. Therefore, in those regions rivers rarely dry up in summer. Under these conditions surface runoff plays a more important part in forming the summer minimum, because of reduced evaporation and decreased duration of the warm season.

For a smaller warm season, to the greater role of surface runoff, the summer minimum increases, reaching maximum value in permafrost regions. In the latter districts the mean-monthly minimum runoff in summer exceeds the mean-yearly runoff by at least 20 per cent

and, usually, comes by the end of summer. Under these conditions the universally recognized summer low water elevation essentially does not occur.

In conformance with the above-mentioned conditions the main factors which generate and form minimum runoff should be considered:

a) climatical elements-atmospheric precipitations, humidity deficit, duration of warm (or cold) season or, closely connected with the latter, winter air temperature;

b) hydrological conditions, i.e. permeability of soils and bedrock, in the zone of dynamic groundwater reserves, higher than water elevation in the river, their capacity and area;

c) morphometrical properties of the river valley, viz. depth of erosion, longitudinal slope, width of valley, bank height of low elevation river-bed.

It can be seen from what was mentioned before that formation of minimum runoff is a complex process variably influenced by climatic and other geophysical factors.

The main place is held by climatical factors. As far back as in 1884, the major importance of climatical factors acting on the distribution of river runoff was pointed out by L. Voeikov, the one who first proposed that the «river essentially is a product of the climate of a country».

Atmospheric precipitations are the major climatic factor influencing the value both of the yearly and minimum runoffs.

In arid regions the yearly precipitations are less than 200 mm, the rivers yearly dry up and freeze in. The highest minimum runoff is observed in mountainous regions, where there is a maximum of atmospheric precipitations.

The second climatic factor, with which is closely connected the value of the summer and winter empirical coefficient for minimum of runoff is the humidity deficit. This factor adversely affects the value of both the summer and winter minimum. With a high humidity deficit, due to increased evaporation from the soil surface, the amount of water seeping into the ground gets lowered, the same as the amount of water flowing over the surface due to precipitation.

The third climatic factor, i.e. duration of the warm and cold seasons, adversely affects the minimum runoff for the corresponding seasons. When the length of the season increases the minimum river runoff decreases.

For similar climatic conditions permeable rocks (sands, gravel, sandstone, limestone) in the river basin favour seepage of atmospheric precipitations into the ground and thus facilitate an increase of minimum river runoff by groundwater. Impermeable clay soils act inversely.

Of especial importance are karst regions. Karst significantly changes the value of minimum runoff, increasing and lowering it. Karst regions are encountered in the U.S.S.R. in different places, in the Ural Mountains, in the central part of the European territory of the U.S.S.R. in Crimea, and in the Caucasus.

For similar climatic and hydrogeological conditions the intensity of river supply by groundwater depends on the drainage capacity of the river. The latter is characterized by the depth of erosion of the river valley or, more precisely, by the difference in elevation of groundwater and river water. This difference increasing, the dynamic thickness of the water-bearing strata increases, leading to greater groundwater drainage into the river.

Comparison of the minimum runoff empirical coefficient with the main factors forming it shows that the role of climatic elements is the same for the entire stretch of the river. However, in relation to hydrogeological and morphometrical conditions, their influence varies along the length of the river. The action of these conditions is of major importance at the upper part of the river, where the eroded depth of the valley changes along the length of the river. It should be noted that for two neighbouring rivers with basins having similar climatic conditions and different hydrogeological and eroded depth, the minimum runoff empirical coefficient may sharply vary.

The value of minimum runoff will be higher for the river where the eroded depth is greater and with water-bearing strata of higher saturation.

Downstream, the influence of hydrogeological and morphometrical conditions grows more and more stabilized. In connection with this the minimum river runoff empirical coefficient

age as a result of the combined action of climatic and other conditions, independent of water catchment area and, as observations have shown, the coefficients have a zonal character.

In the lower part of the river, for relatively wide flood plains covered with thick alluvial deposits, the minimum empirical coefficients usually increase. In these places the alluvial deposits plate not only flood waters from the river, but also groundwater from the valley slopes to the given river. Of great importance in forming the minimum runoff of large rivers is the shape and size of the river basin, causing unequal river flow from different parts of the water catchment area.

Three river categories have been singled out, according to the conditions of formation of minimum runoff and the degree of influence upon it by the main acting factors, i.e. small, medium and large rivers.

Small rivers are characterized by identical climatic hydrological conditions in the river basin, by variable morphometrical elements of the valley, their longitudinal slope and the intensity of erosion. The minimum runoff empirical coefficients for small rivers change along the river length, increasing from the head of the river downstream to the mouth. As the length of the river increases, as well as its water catchment area, the intensity of growth of the empirical coefficient of minimum runoff drops. The acting factor for these rivers is the morphometrical conditions of the river valley and, primarily, the erosion depth. The last factor, to a certain degree, is connected with the area size of the river basin.

Medium rivers are characterized by variable climatic and hydrogeological conditions in their basin and by an almost stable condition of the morphometrical elements of the river valley. The empirical coefficients of minimum runoff of medium rivers do not depend on their length and the water catchment area and are of zonal character, the distribution being similar to that of climatic elements. The changing hydrogeological conditions in the basin when combined act similarly on the value of minimum runoff.

Large rivers have the same characteristics as medium rivers. The empirical coefficient of minimum runoff of large rivers increases by the beginning of minimum runoff setting at different times in the river branches and by the regulating action of flood plane deposits.

The borders between different river categories according to the formation of minimum runoff may vary within a wide range, of an order of 1,000 to 5,000 sq km of the water catchment area between small and medium rivers, and of 100,000 sq km and over between medium and large rivers.

With sufficient reliability these borders may be determined only for each separate case, in conformity with actual conditions of formation of minimum runoff of the river under consideration.

In the first approximation the border between small and medium rivers, by the size of their water catchment areas is taken equal to the following: for tundra and forest zones 1,000-3,000 sq km; for forest-steppe and steppe zones 3,000-5,000 sq km. These borders are set on condition of river water supply only by groundwater. When the river is supplied with water at low elevation from the surface, the mentioned values of separation are lowered. The border between medium and large rivers is taken equal to 100,000 sq km.

The above-mentioned conditions of formation of minimum runoff for medium rivers allow to map its distribution over the territory of the U.S.S.R.

Other natural factors, such as lakes, swamps and forests, as well as the action of man, to a various degree change the value of minimum runoff, which is influenced by the main acting factors.

The above-mentioned considerations on factors influencing minimum runoff, have been used as the basis for establishing theoretical functions.

At the same time, there were used, in adapted form, data on field hydrometrical observations of rivers in the U.S.S.R. obtained at 770 stations with a duration of actual observations of each of them from 6 to 70 years.

2. DISTRIBUTION OF MEAN-MONTHLY MINIMUM RUNOFF IN THE U.S.S.R

Mean multi-year values for the mean-monthly minimum runoff of rivers in the U.S.S.R. vary in a wide range, i.e. from zero to 27 lit per sec-sq km for summer and up to 14 lit per sq km for winter. The empirical coefficients of minimum runoff vary in the range of 0 to 1.5 for summer and up to 0.6 for winter.

River flow stops yearly both in summer and winter seasons in the South-East of the European part of the U.S.S.R. in the lower part of the Volga, Ural and Emba, as well as south of the 50 parallel in folded regions of Kazakhstan and in the basins of lower parts of rivers in Central Asia when they begin flowing through plains.

The border of the zero values of minimum runoff almost coincides with the isolines of 5 mm yearly humidity deficit.

Within the wide territory of the northern part of the Central Siberian Plateau and Far North, in the permafrost region, as well as in the upper part of the Amur River the winter minimum runoff is insignificant, changing in the range of 0 to 0.1 lit per sec-sq km.

The highest values for both summer and winter minimum runoffs have been observed in the Kamchatka, as well as in the upper parts of the Ob and Yenisei Rivers in the mountainous regions of the Sayan and Altai in places of most intensive atmospheric precipitations.

The distribution of minimum runoff within the territory of the U.S.S.R., as well as yearly runoff, has a typical zonal character. In this case, for the plains the directions of the isolines approach the latitude. In places where there are hills and mountain-ranges the direction of the isolines changes and follows the topography.

3. CALCULATION OF MINIMUM RUNOFF OF RIVERS BY EMPIRICAL FUNCTIONS

Most of the known empirical functions used in hydrological calculations possess complexity and the same essential disadvantage. They are plotted according to observation data obtained for a limited territory and are only regional. Their application, with some limitations, is possible only for certain studied regions and in no case may they be applied for unexplored regions.

Besides, the available formulas include as one of the main independent variables the minimum runoff the water catchment area which influences only small rivers, and only indirectly (instead of the erosion depth). Therefore, the application of such formulas for finding minimum runoff of medium rivers is not advisable.

In connection with the above-mentioned, for calculating the minimum runoff for medium rivers in the U.S.S.R., in unexplored or not sufficiently explored regions, a different method is proposed, based in contradistinction to previous ones on the principles of genetic connection.

On the basis of the natural phenomena, the main acting factors forming minimum runoff are considered the following: yearly river discharge— M_0 , yearly humidity deficit— d_{ro} , winter atmospheric temperature— t_w and hydrogeological conditions in the river basin.

On this basis were determined the functions for obtaining standard mean-monthly values for the minimum runoff of medium rivers, separately for the summer and winter seasons of the year— M_{SM} and M_{WM} . These functions, shown in Figs. 1 and 2, are expressed for the summer minimum in the form of diverging lines and for the winter minimum in the form of parallel lines corresponding with certain values of the yearly humidity deficit in the river basin— d_{ro} .

The influence of yearly discharge is taken into account by introducing coefficients K_{SM} and K_{WM} , showing correspondingly the ratio of the average value of minimum mean-monthly summer and winter runoff to the yearly discharge of the river— M_0 .

For convenience in practical application, instead of the duration of the summer or winter season, the function includes atmospheric air temperature in January, considering that these elements are closely connected.

It may be seen in Figs 1 and 2 that increase of the humidity deficit leads to decrease

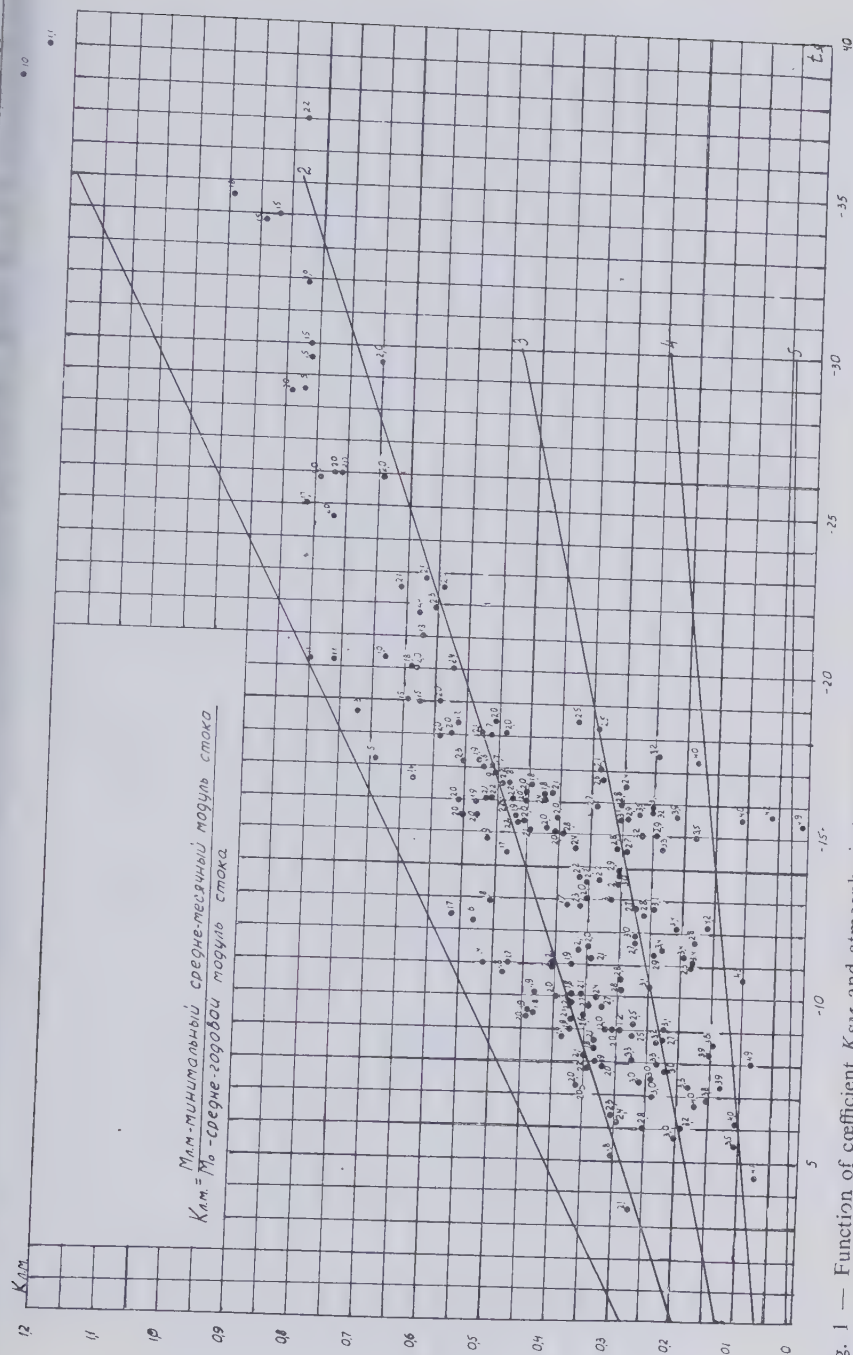


Fig. 1 — Function of coefficient K_{SM} and atmospheric temperature in January t_w for different values of yearly humidity deficit d_{70} .

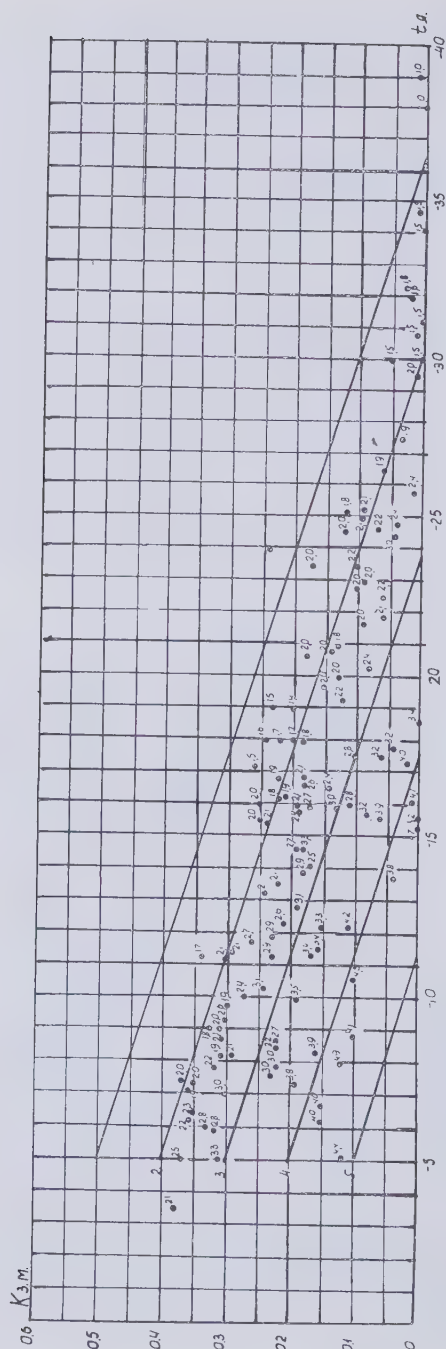


Fig. 2 -- Function of coefficient K_{wy} and atmospheric temperature in January t_{at} for different values of yearly humidity deficit d_{ro} .

the coefficients both for the summer and winter minimum runoff, by lowered reserves of groundwater and surface flow caused by atmospheric precipitations.

In arid regions, where the humidity deficit is high, the coefficients for the summer and winter minimum runoff is lower than for humid regions. Thus, for example, in Central Kazakhstan at $t_W = 17^\circ\text{C}$ and $d_{ro} = 4.0$ mm the coefficients equal correspondingly $K_{SM} = 0.10$ and $K_{WM} = 0$. In the basin of the Pechora River at the same temperature for January but with $d_{ro} = 1.8$ mm, $K_{SM} = 0.50$ and $K_{WM} = 0.20$. Thus, for similar values of the temperature in January (winter) the coefficients for the winter and summer minimum runoff change depending on the value of the yearly humidity deficit in the river basin.

The influence of the atmospheric temperature in January on the coefficients for summer and winter minimum runoff is different and even opposite. With lower atmospheric temperatures in January, coefficients for the winter minimum runoff decrease, while for the summer they increase. This is explained by the fact that lowering of the atmospheric temperature in January increases duration of the winter, by the end of which the reserves of groundwater feeding the river decrease. Besides, in regions with severe winters part of the water drained into the river is lost during the formation of overlaying ice, this causing further lowering of the river flow by the end of winter.

The duration of the summer decreases with lowered atmospheric temperature in January, due to which minimum summer flow in the river at the end of the season, with other conditions equal, increases.

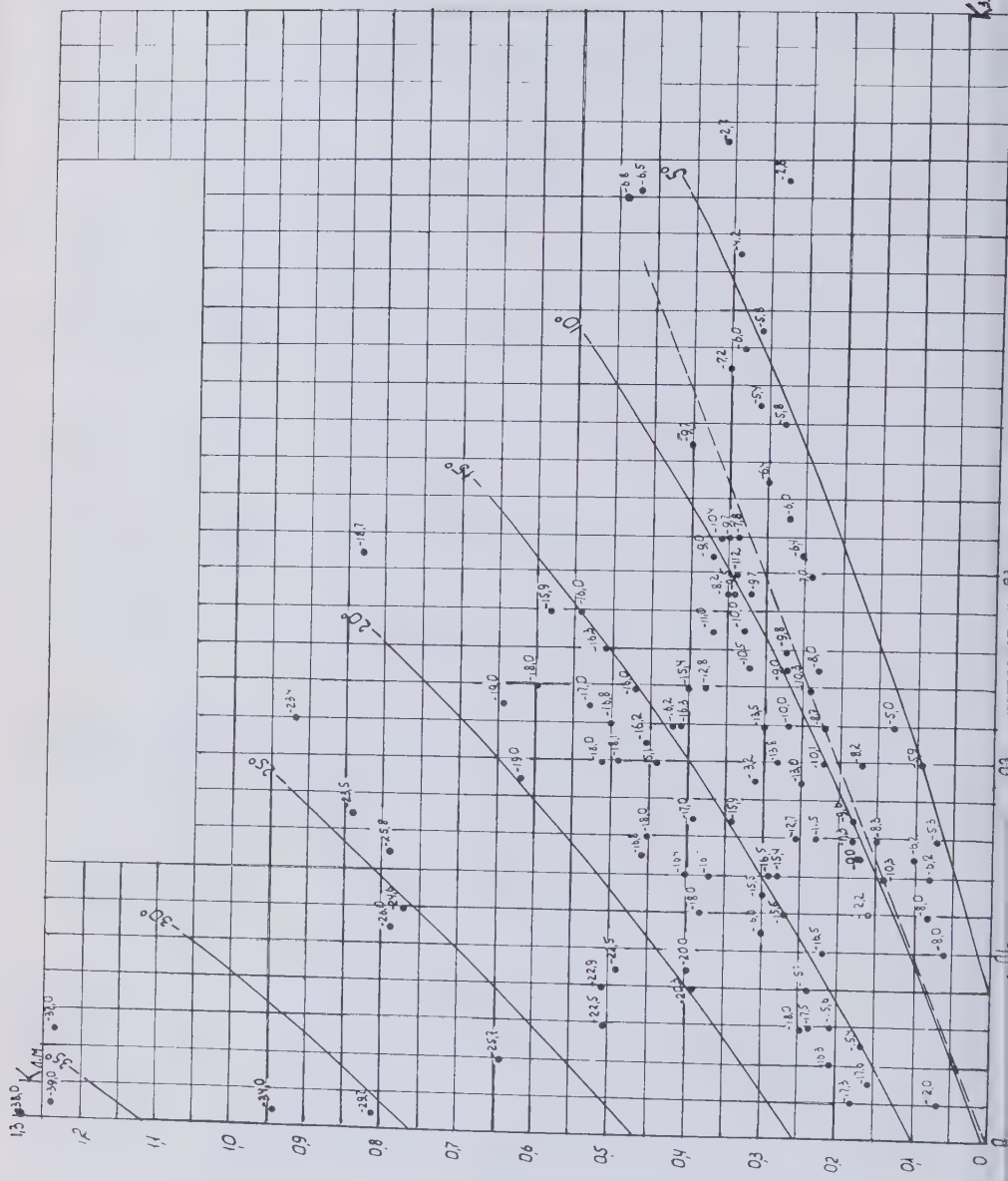
In regions with severe winters the coefficients of winter minimum runoff are lower and for summer higher than for regions with more temperate winter temperatures. Thus, for example, the Kitoi River at the village of Yasochnoye (in the basin of the Angara River) and the Minia River at the village of Karten (in the basin of the Neman River) have approximately the same empirical coefficient of yearly discharge of about 14 lit per sec and a yearly humidity deficit of about 2 mm, but they have very different atmospheric temperatures in January, i.e. 20.6°C and 3.5°C correspondingly. The winter minimum runoff of these rivers correspondingly equals 2.6 lit per sec and 4.9 lit per sec, while the summer minimum runoff equals 10.7 lit per sec and 3.5 lit per sec.

It may be seen in Fig. 1 that the degree of influence of the atmospheric temperature in January on the value of empirical coefficient K_{SM} and, consequently, on the empirical coefficient of minimum summer runoff increases with the decrease of the humidity deficit. The most important influence of the atmospheric temperature in January K_{SM} is attained when $d_{ro} = 1$ mm; in this case the summer minimum runoff being formed, to a high degree, by surface water and beginning usually by the end of the warm season. When $d_{ro} = 4-5$ mm the value of atmospheric temperature in January drops sharply due to the fact that in these conditions the summer minimum is formed mainly by groundwater flow. For the summer the value of the latter depends to a similar degree on the duration of the warm season than on surface flow.

The degree of influence of atmospheric temperature in January on the value of K_{WM} with different values of the yearly humidity deficit does not change, this being corroborated by the curve in Fig. 2. This is explained, as was mentioned above, by the fact that the winter minimum runoff for most of the territory of the U.S.S.R. is formed by groundwater flow and usually begins at the end of the season.

The dependencies in Figs 1 and 2 are plotted on condition of similar permeability of soils and bedrocks in the river basins, this actually being encountered in most of the medium rivers in the U.S.S.R. However, if the permeability of the soils and bedrocks in any river basin sharply deviates from average values, it is necessary to introduce in the results obtained by theoretical functions the corrective factor δ .

On the basis of performed comparisons of results of calculations with data obtained in field observations it is advisable to employ a corrective factor in the range of $\delta = 1.3$ for rivers having basins with sand and fissured bedrock and up to $\delta = 0.7$ for rivers the basins of which consist of clay and dense bedrock. The first category includes the following rivers:



man, Pripyat and others, the second-rivers of the Valdai Plateau of the left bank of the Volga River (Syrtovo) and others.

For characterizing accuracy of calculations by empirical functions comparisons have been made of values for the empirical coefficient of minimum mean-monthly summer and winter runoff, calculated according to data observations and by the dependency curves in Figs 1 and 2. In all cases factor « δ » was taken equal to unity.

The mean arithmetical deviation from actual data for 35 stations with a lengthy observation period, equal $\pm 12.5\%$ for winter, the highest deviations, in rare cases, reaching 30-40%. Analysis of the causes of deviations have shown that they are explained, mainly, by inaccuracy of the minimum runoff determined by the flow curve, and also, in separate cases, by adopting $\alpha = 1$.

A pretty close function has been found between the empirical coefficients for summer and winter minimum runoff shown graphically in Fig. 3 in the form of diverging curvilinear lines corresponding with certain values of atmospheric temperature in January in the river basins. By the graphic in Fig. 3, knowing the value of the summer minimum runoff, it is possible to determine the winter minimum runoff and, vice versa, by the winter minimum runoff one may determine the summer minimum. It can be seen in the graphic that the summer and winter minimum runoffs are near to each other within a territory where t_w changes in the range of -7°C to -10°C . While the lowest values of temperature are met with in arid districts where $K < 0.15$, the higher temperatures relate to districts with excess humidity, where $K = 0.4-0.5$.

The performed investigations have shown that the border of zones of summer and winter minimum runoffs passes in the European territory of the U.S.S.R. between the Baltic and Caspian Seas in the direction of Chudskoye Lake along the upper parts of the Western Dvina, Dnieper and Oka Rivers, the middle stretches of the Don and down to the mouth of the Volga rivers.

To the South-West of this border and up to the foot of the Carpathian, Crimean and the Caucasian Mountains, the winter minimum runoff is higher than the summer minimum, while toward the North-East and the East up to the shores of the Arctic and Pacific Oceans the opposite is observed with the summer minimum runoff higher than the winter minimum.

The above-mentioned relates to the mean multi-year values (standard) of elements under comparison.

For short periods of one year or several years in the European part of the U.S.S.R. some deviations of such state are possible. These deviations are the more often-recurring nearer the river basin to the border of zones of summer and winter minimum runoffs.

In the zone of winter minimum runoff excess, the deviations may be observed in years with dry and stable winter period without thaws and rains. For such conditions the winter minimum runoff will be less than the previous summer minimum.

In the zone of summer minimum runoff excess, deviations may be encountered with years with dry summers and rainy autumns.

For rivers in the basins of the Barentz and White Seas, as well as for all rivers in Siberia, the summer minimum is always higher than the winter one both for a multi-year period and for separate years. Here the active fraction of surface flow in forming the summer minimum exceeds 40-50%, while the duration of the winter period exceeds 180 days.

The ratio between summer and winter minimum runoffs varies in a wide range, i.e. from 0.7 in the West in the lower part of the Southern Bug River and Dnieper River to 0 in the Far North and Central Kazakhstan.

For finding the mean-daily minimum runoffs for unexplored rivers, a method of calculation has been adopted based on establishing dependencies with the mean-monthly minimum runoffs according to the rate of yearly discharge and the atmospheric temperature in January.

The values of transient coefficients α_s and α_w from the mean-monthly minimum summer and winter runoffs to the mean-daily for separate river basins, change within the territory of the U.S.S.R., in a very wide range, i.e. from 0.4 to 0.95, and depend on the stability of the summer and winter low water elevation.

A stable summer low water elevation is observed on rivers which do not dry up, with high K_{SM} coefficients and long lasting summer season (or high atmospheric temperature in January in the river basin). For these conditions, which are characteristic for most of the rivers of the U.S.S.R., α_S may reach 0.8-0.9. The opposite takes place in regions with low atmospheric temperatures in January. Thus, for example, in the Far North and Far East where $t_W > -20^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}$, the summer mean-monthly minimum runoff is 2-2.5 times as high as the daily.

Stable winter low water elevation is also observed on nonfreezing rivers with a high K_{WM} coefficient and lengthy winter season (or low atmospheric temperature in January). These conditions, which are characteristic for most of the rivers in the U.S.S.R., contribute to an increase of the transient coefficient α_W . The highest values for this coefficient reaching 0.9-0.95 are met with in the Far North and the Far East.

Thus, the values of coefficients α_S and α_W depend on the combination of the values of the coefficients of the mean-monthly minimum runoffs and the temperature in January. The values of these coefficients change in a wide range not only for the whole territory of the U.S.S.R. but also for the basins of individual rivers.

In Figs 4 and 5 is shown the graphical dependency between the coefficients of the mean monthly and mean-daily summer and winter minimum runoffs. This dependency is shown in the form of a system of parallel lines corresponding with certain values of the atmospheric temperature in January. The latter is considered in the calculations instead of the duration of the winter (or summer) season.

It can be seen in Figs 4 and 5 that coefficient K_{SC} increases with K_{SM} and t_W increasing while coefficient K_{WC} is higher when K_{WM} increases and t_W drops.

The accuracy of calculation of mean-daily minimum runoffs by the dependency curves for stations with lengthy observation periods equals as an average $\pm 12.6\%$ for summer and $\pm 9.3\%$ for winter. Maximum deviations reach $\pm 30\%$. The functions in Figs 4 and 5 may be used for the entire territory of the U.S.S.R., except for mountainous and arid regions with $K_{SM} < 0.1$ and $K_{WM} < 0.05$.

There are lakes in the basins of many rivers in the Soviet Union, which, to some degree, act on the surface flow. There are very many lakes in the North-West of the European part of the U.S.S.R.

The lakes re-distribute the river flow as a result of which, in particular, the values of the summer and winter minimum runoffs change corresponding with geographical conditions existing for a river without lakes.

The main acting factor of minimum river runoff is the volume of the lake or, more precisely, of the relative regulating capacity, i.e. the ratio of the drawdown volume of the lake to the yearly discharge of the river.

In Fig. 6 is plotted the dependency of coefficient $K_{OWM} = M_{OWM} : M_0$ of the mean monthly minimum runoff of rivers with lakes, commonly in winter season on the relative regulating capacity of lakes $\beta = W : S$ where:

- M_{OWM} — empirical coefficient of minimum mean-monthly runoff of rivers with lakes;
- M_0 — empirical coefficient of mean-yearly runoff of rivers with lakes;
- W — volume of regulating drawdown volume of the lake, taken in the range of multi-year amplitude of water elevation variations;
- S — mean-multi-year yearly discharge of rivers with lakes.

At the dependency points in Fig. 6 are recorded the values of coefficient K_{WM} relative to rivers without lakes for the given region. As seen in Fig. 6 for the values of K_{WM} of an order 0.2, the function obtained is nearing the functional one and is expressed by a straight line. Two points are not on this line. One point corresponding with $K_{WM} = 0.28$ (Chudskoy Lake) is above the line and the other point corresponding with $K_{WM} = 0.10$ (Teletskoy Lake) is under it. Taking in the first approximation that the law of direct function is preserved for any values of K_{WM} the function of K_{OWM} and β may be given in the form of a system of parallel lines, each of which correspond with values of K_{WM} .

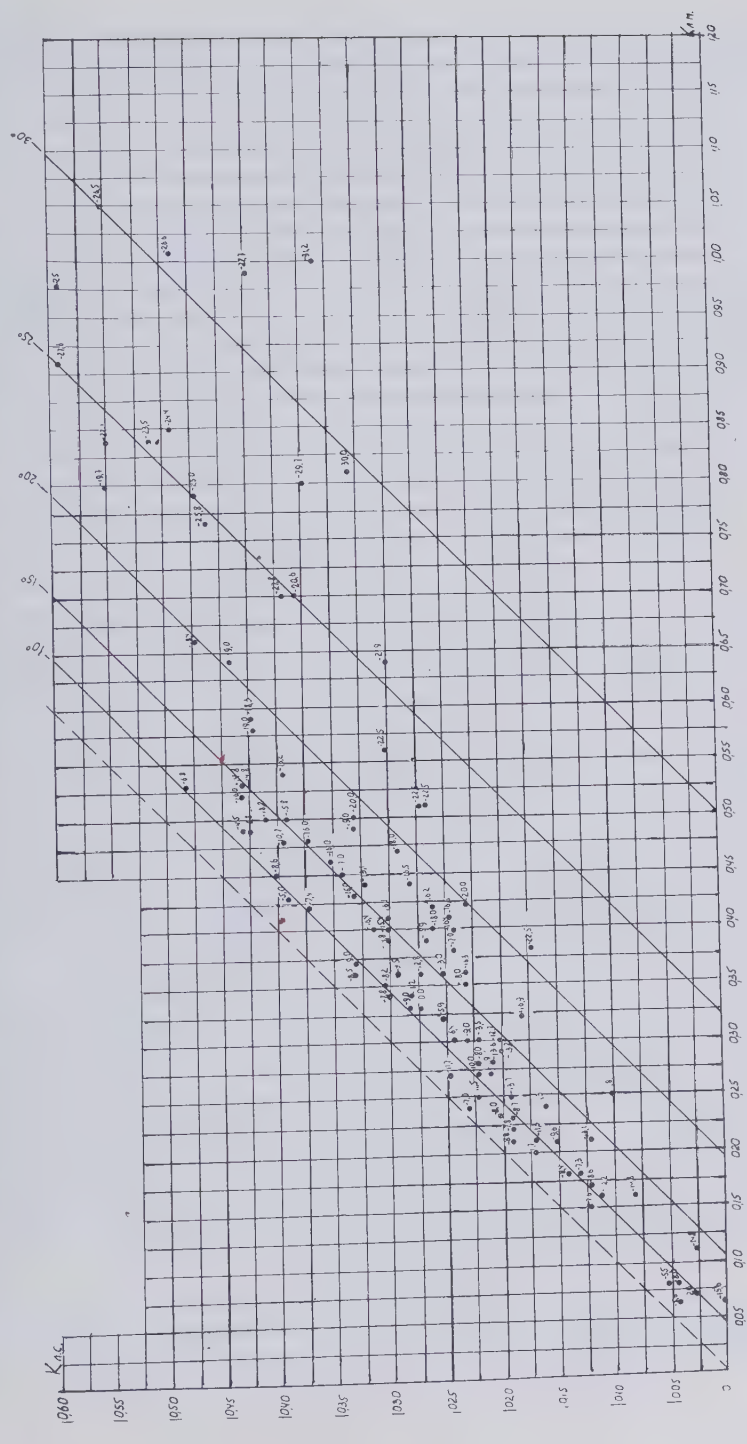
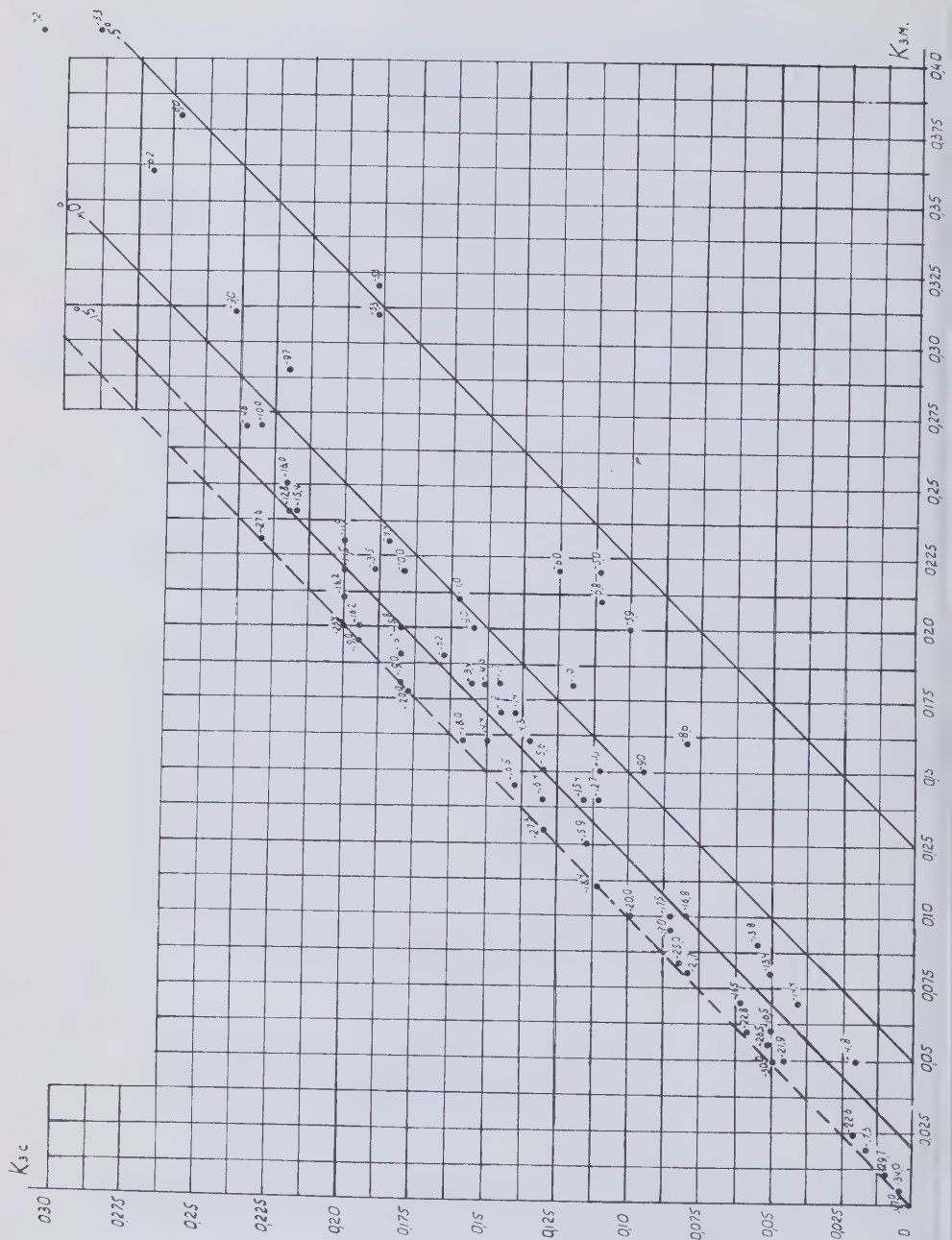


Fig. 4 — Function between K_{SM} and K_{SC} for different values of atmospheric temperature in January 1971.



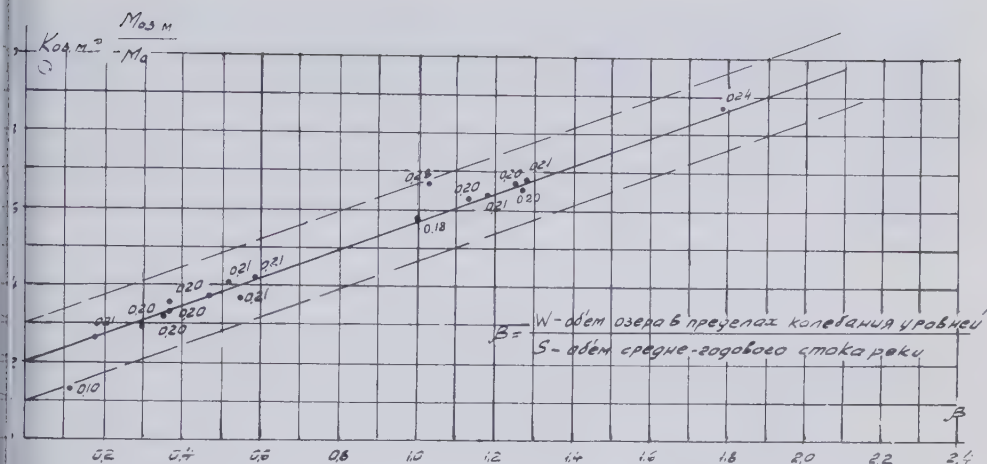


Fig. 6 — Function of $K_{0.5 M}$ of minimum mean-monthly winter runoff of rivers with lakes and relative capacity of lake β in river basin.

4. FLUCTUATIONS OF MINIMUM RUNOFF

Minimum river runoffs change yearly. For a certain place on the river, minimum runoff depends on the reserves of water at the end of the previous autumn and the duration of the winter season (or atmospheric temperature in January), while summer runoff depends on the reserves of groundwater accumulated during the previous floods and on the duration of the summer season in the river basin.

Winter thawing additionally influences the winter minimum runoff, while summer precipitation and summer humidity deficit influence the summer minimum runoff.

According to the known formula, using actual data it was possible to determine the variability factor C_v of the minimum mean-monthly summer and winter runoffs for stations where observations have been carried out for over 12 years. The results of determinations have shown that C_v for summer and winter varied in a wide range, i.e. from 0.10 to 1.0. For most of the territory C_v of the summer minimum runoff is higher than the winter one. The obtained data also showed that C_v of minimum runoff for small rivers is higher than for medium and large rivers. C_v of the winter and summer minimum runoff in the forest zone is lower than in steppe and forest-steppe zones.

For determination of the coefficients of variability of minimum runoff of unexplored rivers, for finding a reasonable method of calculation, functions were plotted as shown in Figs 7 and 8, in the form of a system of parallel lines corresponding with certain values of standard atmospheric temperature in January. Here, the January temperature, as in the previous functions, was taken instead of the duration of the summer (or winter) season. The coefficient of minimum runoff significantly influences the value of C_v . The coefficient characterizes the relative water-bearing capacity of the river at low water elevation.

It may be seen in Figs 7 and 8 that with empirical coefficients of minimum runoff increasing their variability coefficients both for summer and winter decreases. This is corroborated by data of field observations. In the steppe and desert-steppe zones where K_{SM} and K_{WM} are rather low, C_{vSM} and C_{vWM} reach the highest values.

Long duration of the winter season (or value of atmospheric temperature in January) lowers C_{vWM} and, on the contrary, increases C_{vSM} , this also being corroborated by observation data. Therefore, in the North-East of the European part of the U.S.S.R., as well as

in the North of the Asian territory, where low atmospheric temperatures are observed January (or lengthy winters) C_{vSM} is higher than C_{vWM} . C_{vWM} increases when the summer is shorter and thus with lower atmospheric temperature in January C_{vWM} is also increased with the winter is shorter and, consequently, when there are higher atmospheric temperatures in January.

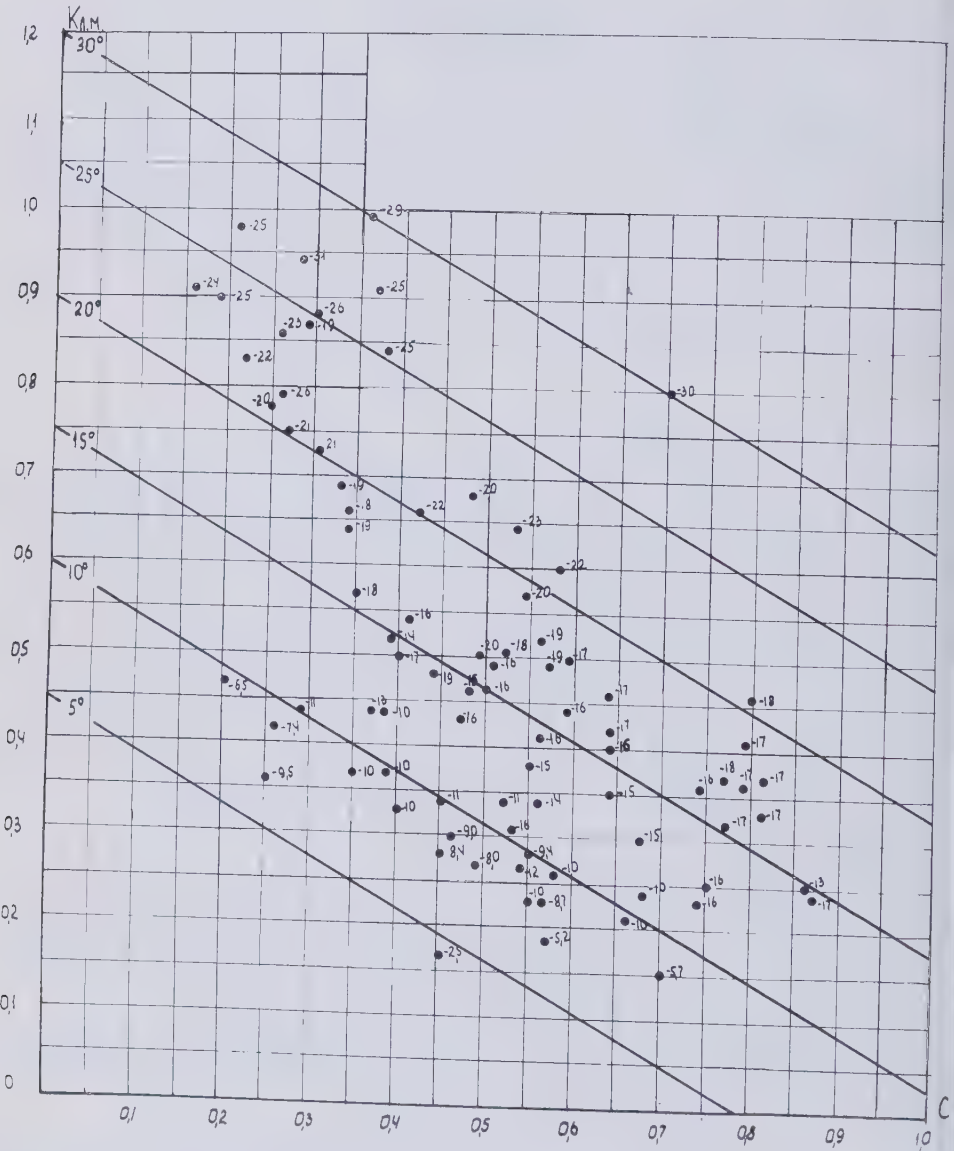


Fig. 7 — Function of C_{vSM} and K_{SM} for different values of atmospheric temperature in January

In finding the variability coefficients according to determined functions the mean arithmetical error for 90 stations located in different regions of the U.S.S.R., equals $\pm 22.2\%$ for summer and $\pm 21.5\%$ for winter. Highest deviations reach 50% . Comparatively high deviations at separate stations are explained, mainly, by the lacking accuracy of field observations. The functions in Figs 7 and 8 may be used for finding C_{vSM} and C_{vWM} of minimum runoff of medium rivers both for the European and Asian parts of the U.S.S.R., except for mountainous and arid regions (with $K_{SM} < 0.1$ and $K_{WM} < 0.05$), as well as for regions where the rivers are regulated by dams or lakes.

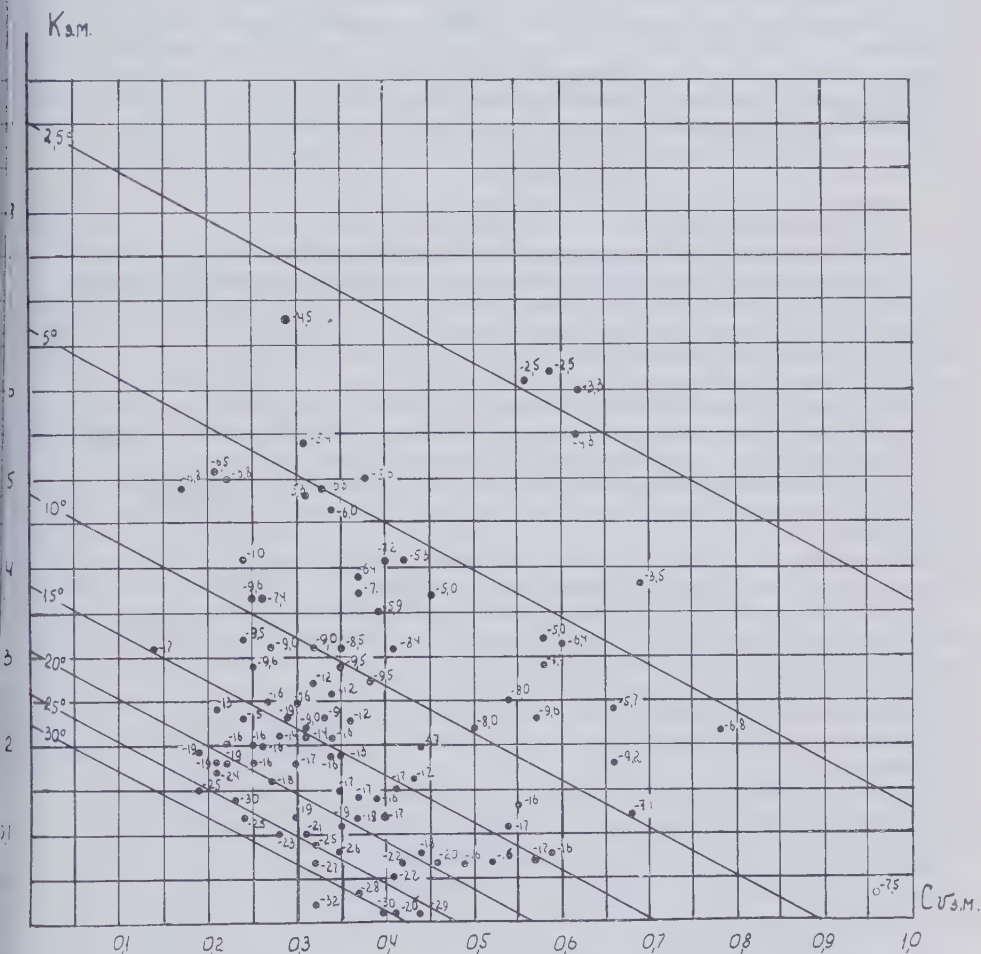


Fig. 8 — Function of C_{vWM} and K_{WM} for different values of atmospheric temperature in January t_m .

As reliable determination of the asymmetrical coefficient requires observations of extremely great duration, usually C_s is taken as a fraction of C_v . Special investigations by groups of hydrologically similar rivers performed by S. KRITZKY and M. MENKEL for the mean-yearly

runoffs have received a ratio of $C_s : C_v$ equal to 1.6-1.7. A similar analysis was performed for minimum runoffs. Eighteen rivers were selected with an observation period for each river of at least 40 years.

These rivers were divided into two groups: with $C_{vSM} > 0.45$ and $C_{vSM} \leq 0.45$ for summer, and $C_{vWM} > 0.30$ and $C_{vWM} \leq 0.30$ for winter. Altogether the 1st group covers 562 years and the 2nd 427 years of observations.

For both groups the ratio of $C_s : C_v$ was obtained equal to 2.7 and 2.8 for the summer minimum, and 1.7 and 2.5 for the winter minimum.

The obtained comparisons show that the equation $C_s = 2.5 C_v$ for summer, and $C_s = 2 C_v$ for winter could be used for plotting curves showing guarantee minimum runoffs.

In arid regions, as well as in permafrost regions, members of a row of minimum runoffs in separate years may equal zero. For such cases it is not required to determine calculations of minimum runoffs by the law of probability. If by observation data or in questioning of inhabitants, it has been found that the investigated river during some years dries up or freezes, the computation high-guarantee minimum river runoff should be taken equal to zero.

CONCLUSIONS

1. Minimum runoff on the territory of the U.S.S.R. is observed during the low water elevation period in summer or winter. The border separating the zones of standard winter and summer minimum runoffs passes between the Baltic and Caspian Seas, in the direction from the Chudskoye Lake along the upper parts of the Western Dvina, Dnieper and Oka Rivers, the middle stretches of the Don River and down to the mouth of the Volga. To the East of this border the winter minimum is less than the summer minimum runoff.

2. The winter minimum runoff for most of the territory of the U.S.S.R. is formed by groundwater flow. Exceptions are Southern and Western rivers, where the minimum runoff is additionally formed by surface water flow in periods of thawing.

3. The summer minimum runoff is formed both by groundwater and surface water flow. The fraction of groundwater gets lower from the South and South-West up to the North and North-East.

4. The main acting factors forming minimum runoff are elements of climate, hydrogeological conditions, and morphometrical properties of the river valleys.

5. For small rivers having constant climatic and hydrogeological conditions minimum runoff varies, mainly, with the erosion depth of the valley which is connected, with the known allowances, with the water catchment area of the river.

6. Medium rivers are characterized by varying climatic conditions in the river basin and almost stable morphometrical elements in the river valley. The empirical coefficients of minimum runoff do not depend here on the length of the river and water catchment area and are zonally distributed.

7. Minimum runoff of unexplored rivers may be determined by the empirical function recommended in the given Report making the unknown value dependent on the yearly discharge, the humidity deficit and the winter atmospheric temperature.

These functions allow to determine the standard mean-monthly and mean-daily minimum summer and winter runoffs of medium rivers, as well as the variability coefficients of minimum mean-monthly runoff.

8. For finding the minimum runoff of rivers with lakes it is advisable to employ the empirical function where the relative regulating capacity of lakes and the standard discharge have been adopted as the main acting factors.

LE DEVELOPPEMENT DE L'HYDROLOGIE DANS LA REPUBLIQUE POPULAIRE ROUMAINE

— 1960 —

Ing. C. DIACONU, Ing. V. DUMITRESCU

La République Populaire Roumaine dispose d'une grande richesse de ressources d'eau. La frontière Est de notre pays, est représentée sur 245 km de sa longueur par le littoral de la Mer Noire.

Le réseau des rivières de notre pays totalise une longueur de cours d'eau permanents environ 115.000 km, ayant une densité moyenne d'environ 0,49 km/km². En grande partie, le réseau est tributaire du Danube. De la totalité du bassin du Danube, plus de 221.500 km², qui représente 28 % de la surface totale du bassin de ce fleuve, se trouvent sur le territoire de la République Populaire Roumaine. Le Danube même, sur un parcours de 1075 km, ce qui représente 38 % de la longueur totale du fleuve, suit les limites, ou bien traverse le territoire roumain. Dans son ensemble, le réseau des rivières de la République Populaire Roumaine fait part du bassin hydrographique de la Mer Noire.

L'aspect général, radial, du réseau des rivières s'explique par l'existence au centre du pays du massif des Carpates ayant une altitude maxima dépassant 2500 m, qui enferme dans son intérieur un plateau ayant une altitude de 500 m et qui se prolonge à l'extérieur par des collines et des plaines. Les Carpates forment une ligne de partage des eaux, qui divise les bassins Ouest de ceux du Sud et de ceux de l'Est et, en rapport avec les principales directions de circulation des courants d'air, ce massif montagneux a une influence très importante pour la différenciation du régime hydrologique de ces grands bassins, mis à part l'influence générale qu'il exerce sur la variation de divers éléments hydrologiques dans le sens vertical.

Les lacs de notre pays atteignent un nombre total d'environ 3450, parmi lesquels environ 150 étangs, totalisant une surface au-dessus de 2600 km². La majorité des lacs — 90 % du nombre total — ont des surfaces peu étendues, au-dessous d'un km² et se rencontrent surtout dans les zones de montagnes, plateaux et collines, que dans les plaines. Les plus grands lacs se trouvent le long du littoral de la Mer Noire, le long du Danube inondable et à l'intérieur du delta du Danube.

Les premières informations, concernant les eaux de la République Populaire Roumaine remontent à Hérodote (environ 5 siècles avant notre ère) et se réfèrent au delta du Danube. Les indications fondées, concernant l'hydrographie de la Moldavie furent données, au commencement du XVIII^e siècle, par le savant Dimitrie Cantemir, seigneur de Moldavie, dans son travail «Description de la Moldavie». Les premières observations, concernant le régime des eaux de notre pays, ont été organisées sur le Danube, il y a plus de cent ans, en liaison avec le problème de la navigation, ainsi que sur quelques autres rivières intérieures, les plus grandes, en liaison avec d'autres nécessités touchant l'agriculture, ainsi que pour d'éventuels transports par voie d'eau; ces observations ont été effectuées en premier lieu sur les rivières du territoire se trouvant sous l'administration de l'Autriche-Hongrie.

Le premier poste hydrométrique de la Roumanie à Orsova, sur le Danube, date de 1838, suivi en 1854 par le poste de Drencova, toujours sur le Danube et dans les années suivantes par d'autres postes sur le Danube et sur les plus grandes rivières intérieures.

Le développement du réseau des postes hydrométriques suivit un cours ascendant, plus lent jusqu'en 1920, un peu plus rapide jusqu'aux abords de l'année 1925, quand le nombre des postes atteint environ 150.

Il est bon de souligner que ces postes furent fondés par diverses unités (pour l'agriculture, les transports par voie d'eau) ayant comme but l'exploitation hydraulique et par conséquence un programme engloba exclusivement des observations concernant le niveau des eaux.

Le service hydrographique de la Direction Générale des Eaux, fondé en 1925, centralise les

préoccupations hydrométriques de notre pays, à l'exception de celles qui se réfèrent au nuage, ces dernières faisant plus loin l'objet de préoccupations des organes de navigation. Dans la première année de son existence, le service hydrographique publie les premiers « annuaires hydrographiques roumains » comprenant des données en commençant par l'année 1911.

Pendant la période 1925-32 voyant se poser une série de problèmes liés à l'utilisation de l'énergie des rivières, le service hydrographique effectua une série de jaugeages — au nombre d'à peu près 300. Pendant cette période, le réseau des postes se développe atteignant au cours des années 1930-31 le chiffre d'à peu près 250. En 1933 est installé le marégraphe de Constanța. Mais, en commençant par l'année 1933 le réseau s'amoindrit de nouveau; en ce qui concerne les jaugeages effectués par le service hydrographique, ils disparaissent complètement jusqu'à la fin de la seconde guerre mondiale.

Il faudrait nous remémorer l'activité toute particulière déployée pendant cette période par quelques enthousiastes hydrotechniciens et hydroénergiciens, tels que l'ing. D. Leonida, l'ing. D. Pavel, ing. C. Mateescu et d'autres, qui sentant le besoin de données hydrologiques installèrent des postes hydrométriques et exécutèrent quelques centaines de jaugeages, fournissant ensuite ces résultats dans une série d'études et essayant même d'élaborer des méthodes de calcul hydrologique. Les études effectuées pendant cette période par l'ing. D. Leonida, qui fut même qui fut l'inspirateur du projet du développement hydroélectrique de la rivière Bistrița furent utilisées à la construction, pendant les années 1955-1960, de l'importante hydrocentrale de Bicaz (puissance installée 220.000 kW) sur cette rivière.

La seconde guerre mondiale désorganisa sérieusement le réseau hydrométrique, qui fut réduit à moins de 125 postes qui, dans la continuité de leurs observations, enregistrèrent surtout en 1944, de grands manques.

Jusqu'à 1948 le réseau hydrométrique fut refait à un rythme assez lent, la préoccupation principale étant presque exclusivement portée, comme par le passé, sur l'observation des niveaux.

Les années 1949-52 représentent pour l'activité hydrologique de la République Populaire Roumaine des années de grands changements. L'utilisation complexe, rationnelle des eaux du pays, devenue problème d'état, impose la nécessité immédiate, autant qu'en perspective, de leur connaissance multilatérale. En premier lieu, le temps est venu d'entreprendre des études hydrologiques pour l'élaboration des projets auxquels faute de données, on a commencé à pratiquer sur une grande échelle et sans une analyse critique l'utilisation d'une multitude de formules de calcul d'écoulement, élaborées et valables sur les territoires d'autres pays.

En commençant par l'année 1949, les observations, les jaugeages et les études hydrologiques se développent à un rythme accéléré, surtout pour servir l'élaboration de projets pour les développements hydroélectriques.

La Direction Générale Hydrométéorologique fondée en 1951 posa les bases du développement de l'hydrologie roumaine, afin d'atteindre le niveau des aspirations de toute l'économie nationale. Dans le cadre de cette Direction on organise comme organe central, ayant pour tâche la coordination de toute l'activité hydrologique du pays, le Secteur Hydrologique. Cette unité indépendante (desservant en égale mesure toutes les branches de l'économie nationale) le Secteur Hydrologique a pour but l'étude multilatérale des ressources d'eau et de leur régulation sur tout le territoire du pays, ainsi que la charge de desservir l'entière économie nationale.

On reconstruit et on développe le réseau hydrométrique sur les rivières du pays, tenant compte de la représentativité hydrologique et physilogéographique des bassins hydrographiques respectifs. En 1955 le nombre des postes sur les rivières dépasse 500. Ce réseau est muni de constructions, d'outillages et d'appareils hydrométriques nécessaires à une activité hydrométrique complexe, intensive et de bonne qualité. On amplifie considérablement le programme des observations et des mesurages hydrométriques. En 1955 le complexe des observations et des mesurages comprend : l'observation des niveaux, la mesure des températures de l'air et de l'eau, l'observation et le mesurage des phénomènes provoqués par le froid, des relevés photogramétriques des profils des postes, le mesurage de la pente de la surface de l'eau, des jaugeages, le mesurage des débits solides en suspension, l'analyse chimique de l'eau. Aux postes hydrométriques le complexe comprend de même des observations pluviométriques et des relevés nivéaumétriques sur de grandes surfaces, servant à déterminer l'épaisseur et la densité de la neige.

ouverture de neige. Cette grande activité est déployée en vertu d'une méthodique supérieure, est adaptée aux conditions spécifiques ou bien proprement élaborée. Le nombre de jaugeages effectués annuellement est significatif pour le rythme intense du développement parcouru. En 1955 par exemple, on effectua plus de 7000 mesurages de débits d'eau.

On organisa un réseau de postes hydrométriques sur les lacs et un réseau de postes hydrométriques à l'intérieur du delta du Danube. On institua un service d'observations, concernant l'évaporation à la surface de l'eau des lacs (à partir de 1954) et en conditions de terre ferme commençant par 1956).

En 1960 il y a en fonction 12 stations évaporimétriques pour les lacs et 23 stations évaporimétriques pour la terre ferme. Ces dernières sont munies de 23 évaporimètres $w = 3000 \text{ cm}^2$, $h = 68 \text{ cm}$, ayant une isolation thermique, enfoncés sous la surface du sol et de 5 évaporimètres $w = 11.400 \text{ cm}^2$, $h = 25 \text{ cm}$, au-dessus du sol.

On organisa de nouveaux postes au bord de la Mer Noire ayant de même un programme ample d'observations et de mesurages. On institua un service systématique d'observations des mesurages océanographiques complexes au large, affectant pour cette activité un bateau maritime correspondant.

On organisa, de même, en première étape, un réseau de puits servant à observer le niveau des eaux souterraines.

L'activité déployée en 1951-55 permit de poser des bases solides aptes à créer un fond de dates hydrologiques concernant le territoire de la République Populaire Roumaine.

L'activité nécessaire pour assurer ce fond poursuit après 1956 une ligne ascendante, année après année la Direction Générale Hydrométéorologique devient de la compétence du Comité d'Etat des Eaux auprès du Conseil des Ministres. Le secteur Hydrologique incorporé dans l'Institut des Études et des Recherches Hydrotechniques, dirige, du point de vue du programme de la méthodique l'activité du réseau, déployée par 5 directions régionales, qui disposent d'organisations hydrométriques sur tout le territoire du pays.

Grâce aux conditions qui permirent d'accumuler des données hydrométriques complètes de bonne qualité, il fut possible de passer à l'étude des lois qui gouvernent les phénomènes hydrologiques sur le territoire de la République Populaire Roumaine. D'une série de travaux préparatoires, nous devons relever en premier lieu, l'opération de valorisation critique traitant les problèmes de l'écoulement des matériaux hydrométriques du passé, en vertu de matériaux récents, opération délicate, étant donné en général, la qualité incertaine des observations concernant les niveaux, le manque prononcé des jaugeages et de ceux hydrotopographiques et étant donné le caractère peu stable des lits de la majorité des rivières de notre pays.

On peut mentionner comme faisant part de la série des travaux préparatoires, l'élaboration de «l'Atlas du réseau hydrographique de la République Populaire Roumaine», qui se réfère aux principales caractéristiques morphométriques des rivières du pays, ayant des surfaces plus de 50 km^2 (longueurs, altitudes et pentes du cours, surfaces, largeurs moyennes, altitudes moyennes et pentes moyennes du bassin versant afférent).

On peut considérer aussi comme faisant part des travaux préparatoires, les enquêtes hydrographiques réalisées avec le concours du corps didactique, au moyen des questionnaires envoyés, se référant aux cours d'eau (plus de 3500), aux eaux souterraines (plus de 3500) et aux lacs (environ 500). Grâce à ces enquêtes on réussit à suppléer, partiellement, au manque de connaissances concernant le régime passé des eaux de notre pays et on obtient un matériel documentaire descriptif très riche. Ces enquêtes furent complétées par des travaux hydrologiques ayant un caractère expéditionnaire, qui constituèrent une bonne méthode pour approfondir la connaissance des phénomènes hydrologiques.

La série des études de synthèse et la généralisation hydrologique, sur tout le territoire de notre pays, fut commencé par l'étude «Écoulement moyen des rivières de la République Populaire Roumaine» (1953), suivie de près par des études plus importantes : «Variation annuelle des écoulements des rivières», «Répartition des écoulements pendant l'année», «Écoulement maximal», «Les rivières qui tarissent», «Écoulement minimal», «Types de régime hydrologique», «Bilan hydrologique», «Écoulement solide», «Caractéristiques hydrodynamiques des rivières», «Phénomènes du gel des rivières», «Le rayonnement hydrogéologique».

Dans ces travaux nous trouvons formulées les lois générales de production, d'évolution et de répartition des principaux phénomènes hydrologiques, se passant sur le territoire de la République Populaire Roumaine. Ces travaux ont mis en évidence la variété considérable des principaux éléments hydrologiques du territoire de notre pays, mettant en évidence les lois de zonalité verticale des éléments, qui furent utilisés pour l'élaboration de diverses cartes hydrologiques, ainsi que pour l'élaboration d'une méthode de calcul hydrologique.

Grâce à l'élaboration de ces travaux l'activité de desservage de l'économie nationale fut enrichie par des dates, des calculs et des pronostics hydrologiques et marqua un saut important, la ligne récente du développement de l'hydrologie roumaine en tant que science, passant en grandes lignes, un examen difficile par rapport à la pratique.

La présentation unitaire des résultats, obtenus jusqu'à ce jour concernant les recherches de l'hydrologie roumaine est comprise dans le chapitre « d'Hydrographie » de la « Monographie Géographique de la République Populaire Roumaine » apparue dans le courant de cette année.

La caractérisation hydrologique générale du territoire de la République Populaire Roumaine, à base scientifique approfondie, est devenue possible.

Le débit moyen total des eaux collectées par les rivières sur tout le territoire de la République Populaire Roumaine est d'environ 1170 m³/s. Le Danube reçoit du territoire de la République Populaire Roumaine 1165 m³/s, ce qui représente 18,1 % de son débit moyen à l'embouchure (6450 m³/s).

Au débit moyen total de 1170 m³/s correspond un débit moyen total spécifique d'environ 5,0 l/s/km², qui présente sur le territoire du pays des variations très importantes, de moins de 0,5 l/s/km² dans les zones, de basses plaines, jusqu'à environ 50 l/s/km² dans les massifs montagneux élevés.

Le coefficient de variation de l'écoulement annuel sur le territoire de la République Populaire Roumaine varie de même dans de grandes limites en fonction de l'altitude, ayant des valeurs au-dessus de 0,7 dans les plaines basses et au-dessous de 0,2 dans les massifs montagneux élevés.

La répartition des écoulements au cours de l'année, présente certains traits communs sur tout le territoire du pays. L'écoulement printanier, comme suite de l'alimentation des rivières avec des eaux provenant de la fonte des neiges et des pluies printanières relativement abondantes, constitue 40-60 % de l'écoulement annuel pour tout le pays, exception faite pour les régions montagneuses plus élevées où, grâce à la fonte tardive des neiges, prolongée par les pluies, jusqu'au mois de juin, et, de l'écoulement d'été plus abondant, le pourcentage des écoulements printaniers est plus réduit, (35-40 %).

Toutes les rivières de notre pays sont caractérisées au printemps et en automne par l'existence d'eaux abondantes ou grandes crues, plus importantes au printemps qu'en automne.

Les crues d'été se produisent dans toutes les régions du pays, plus rarement dans les zones du fœhn des masses d'air océanique du Sud-Ouest du pays.

Les crues d'hiver n'apparaissent pas dans la zone des montagnes et dans le Nord du pays où l'influence continentale est plus accentuée.

L'alimentation superficielle qui est de plus de 60 % de l'écoulement total prédomine sur toutes les rivières du pays, à l'exception des zones montagneuses plus élevées où les rivières ont une alimentation superficielle entre 40 et 60 % de l'écoulement total.

Parmi les sources superficielles d'alimentation, prédomine celle provenant des neiges (60 % de l'alimentation superficielle) dans les zones les plus basses du pays, dans les zones plus hautes et dans une série de dépressions. Pour le reste du territoire, l'alimentation fluviale augmente en même temps que l'altitude, en commençant par les zones basses périphériques (< 40 % de l'alimentation superficielle), jusqu'à une altitude de 1000 m (où cette alimentation arrive à être dominante, dépassant 60 % de l'alimentation superficielle), après quoi vers les parties les plus élevées elle commence à baisser par rapport à l'altitude (< 40 %).

L'écoulement maximal causé par les pluies dans les rivières de la République Populaire Roumaine est en général plus élevé que l'écoulement maximal printanier. Dans certaines régions, au fur et à mesure que la surface des bassins de réception augmente l'écoulement maximal de printemps s'approche de celui causé par les pluies.

L'écoulement maximal spécifique ayant une fréquence d'une fois en 100 ans dépasse dans les petits bassins d'un ordre de 10 km^2 la valeur de $10.000 \text{ l/s par km}^2$. L'écoulement maximal dans les conditions du territoire de la République Populaire Roumaine présente, par zones, une liaison relativement étroite avec l'altitude, ce qui a mené à des relations zonales du type

$Q_{\text{max}} = f(H/F)$ où H et F sont respectivement l'altitude moyenne et la surface du bassin. L'écoulement minimal des rivières de notre pays a lieu dans la majorité des cas en été, en automne et en hiver, c.-à.-d. pendant des périodes où les rivières sont presque exclusivement alimentées par des eaux souterraines.

De cette manière la valeur de cet écoulement minimal dépend des réserves d'eau souterraines qui contribuent à l'alimentation des rivières ainsi que des conditions de leur drainage par le réseau des rivières.

L'écoulement minimal spécifique ayant une fréquence d'une fois tous les 5 ans a sur le territoire de notre pays, comme valeur les plus élevées des valeurs dépassant 7 l/s/km^2 . Dans le cas de l'écoulement minimal, la zonalité verticale est évidente.

Le phénomène de tarissement des rivières ne se rencontre pas en général dans la zone des montagnes. Dans la zone des plaines, les surfaces des bassins versants à partir desquelles les rivières ne présentent plus chaque année des phénomènes de tarissement, sont d'environ 10 km^2 . Pour des fréquences plus rares, la limite inférieure de la surface des bassins est d'environ 4000 km^2 .

Le bilan hydrologique pour tout le territoire de la République Populaire Roumaine est caractérisé par les valeurs suivantes :

X_0 (précipitations moyennes annuelles) = 660 mm

Y_0 (écoulement annuel moyen des rivières, composé d'écoulement de surface S_0 et d'écoulement souterrain U_0) = 157 mm

S_0 = 108 mm

U_0 = 49 mm

Z_0 = (évaporation moyenne annuelle de la surface du sol) = 503 mm .

Les éléments du bilan présentent de même, sur le territoire du Pays, une puissante zonalité verticale.

L'écoulement solide des rivières de la République Populaire Roumaine présente sur le territoire du pays une grande variation. L'écoulement solide spécifique moyen a des valeurs minimales $< 0,1 \text{ t/ha/an}$ dans les plaines basses et entre $0,1 - 0,2 \text{ t/ha/an}$ dans les montagnes. Des valeurs maxima dépassant 5 t/ha/an dans les régions piémontanes. La turbidité moyenne de l'eau des rivières présente les mêmes grandes variations, ayant des valeurs minimales de 100 g/m^3 dans les plaines et hautes montagnes et des valeurs maxima d'ordre de 5000 g/m^3 dans les régions piémontanes.

Au point de vue du chimisme dans la République Populaire Roumaine les eaux prédominantes sont parties de la classe des carbonatés. Les rivières ayant des eaux de la classe des sulfatés sont peu répandues; elles représentent seulement 3 % de tout le territoire du pays.

La température de l'eau et les phénomènes causés par le gel, représentent de même pour les rivières de notre pays une zonalité verticale puissante, en liaison avec la zonalité de la température de l'atmosphère.

Les eaux des rivières atteignent des températures maxima en juillet et quelquefois au commencement du mois d'août. Dans les rivières des zones de plaines et de collines, la température maxima de l'eau atteint de 20 à 30° ; quant aux zones montagneuses elle atteint jusqu'à $7-20^\circ$. Le phénomène du gel dure pour les rivières de notre pays en moyenne de 20 à 40 jours, dans les plaines de l'ouest et du sud et plus de 100 jours dans la haute montagne.

Il y a 2 ans on entreprit une étude détaillée consacrée à l'hydrologie du territoire de notre pays. En 1961 on terminera les monographies hydrologiques régionales pour tout le territoire de la République Populaire Roumaine.

L'approfondissement des connaissances concernant les phénomènes hydrologiques, le

perfectionnement des méthodes de calcul hydrologique et l'activité de desservage hydrologique de l'économie nationale représentent dans la période actuelle les préoccupations des hydrologues roumains, et il existe des conditions réelles pour qu'ils réussissent pendant les années qui vont suivre, à développer leur activité d'une manière correspondante.

III. PARTIE ADMINISTRATIVE

III. ADMINISTRATIVE PART

A) I. A. S. H.

DIARY OF EVENTS REMINDERS

Symposium at Athens 11-20 October (en not 12-20) 1961

a) Delivery to Secretariat of summaries, each including author's name and title of paper, before 1st Febr. 1961.

b) Delivery to Secretariat of complete papers — before 1st June 1961.

Symposium on Continental Erosion 1962 Bari (Italy).

The first details in this Bulletin.

Symposium on the variations of existing glaciers at Obergurgl (Tyrol) Austria 10-18 September 1962.

Any one who is likely to attend the meeting, or to submit a paper should complete a form and send it to the Secretary of the Commission before 30th June 1961.

Circular I — 1961

Answer before August 1961.

A) A. I. H. S.

a) CALENDRIER AIDE-MÉMOIRE

1. Colloque d'Athènes du 11 (et non du 12) au 20 octobre 1961

a) Présentation des résumés avec nom d'auteur et titre — avant le 1^{er} février 1961.

b) Présentation des rapports complets — avant le 1^{er} juin 1961.

2. Colloque sur l'Erosion Continentale 1962 Bari (Italie)

Les premiers détails sont donnés dans ce bulletin.

3. Colloque sur les fluctuations des glaciers actuels à Obergurgl (Tyrol) Autriche en septembre 1962. (du 10 au 18).

Annoncer sa participation ou l'envoi d'une communication avant le 30 juin 1961. (à l'aide d'un formulaire à envoyer au Secrétaire de la Commission).

4. Circulaire I — 1961

Répondre avant le mois d'août 1961.

5. Circular II—1961

Answer before 15th July 1961.

6. Circular III—1961

Answer before 20th July 1961.

b) PROPOSALS FOR SYMPOSIA JUST BEFORE THE GENERAL ASSEMBLY OF BERKELEY 1963 AND FOR THE CREATION OF A COMMITTEE ON GEOCHEMISTRY

Circular I—1961

The President and the Secretary of the I.A.S.H. recently took part, as representatives of their countries, at the Meeting of Hydrological Meteorology of the World Organization (Washington D.C.).

A meeting of the American Geophysical Union took place at the same time and the President and the Secretary of the I.A.S.H. were invited by the section Hydrology of A.G.U.

On the other side, they had the opportunity to talk with representatives of the Hydrology in many countries.

As a consequence of these meetings, the Secretary pointed out the following suggestions which he submits to your appreciation. He asks you to let him know before August, if you agree with these suggestions.

If he does not receive your answer before this date, he will admit that you agree with these proposals and he will table all the measures for the realization of these suggestions.

1. SYMPOSIA BEFORE THE GENERAL ASSEMBLY OF 1963

In discussing plans for the 1963 General

5. Circulaire II — 1961

Répondre avant le 15 juillet 1961.

6. Circulaire III — 1961

Répondre avant le 20 juillet 1961.

b) PROPOSITIONS DE COLLOQUES LA SEMAINE PRÉCÉDANT L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE BERKELEY 1963 AINSI QUE DE CRÉATION D'UN COMITÉ DE GÉOCHIMIE

Circulaire I — 1961

Le Président et le Secrétaire de l'A.I.H. ont récemment participé, comme représentants de leur pays respectifs, aux travaux de la Commission de Météorologie Hydrologique de l'Organisation Météorologique Mondiale à Washington D.C. Le Secrétaire était également invité comme observateur de l'U.G.G.I. et de l'I.C.S.U.

Ils ont également été les invités de la section d'Hydrologie de l'American Geophysical Union.

De plus, ils ont eu à cette occasion de nombreux contacts avec les représentants de l'hydrologie dans de nombreux pays.

De tous ces contacts, le Secrétaire a déduit un certain nombre de suggestions qu'il se permet de vous exposer. Le cas échéant, il les soumet à votre appréciation et vous demande de lui signaler avant le 15 août prochain, si certains de ces points soulèvent des objections de votre part. Si le Secrétaire n'a reçu aucune réponse de votre part à la date indiquée c'est que vous n'êtes pas d'accord avec les mesures proposées et qu'il passera aux mesures d'exécution.

1. SYMPOSIA AVANT L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE 1963

En discutant des plans pour l'Assemblée

assembly scheduled for Berkeley, Calif., the A.G.U. has proposed certain pre-assembly symposia be held, possibly on the model of the aeronomy sessions held at Copenhagen before the Helsinki Assembly.

Symposia for hydrology have been tentatively included in the plans of the A.G.U. with the thought that these symposia might be supported by UNESCO and thus qualify for travel assistance to the colleagues from abroad.

The thoughts of the Section Hydrology of the A.G.U. are that the symposia might include such topics as the following:

- 1) The vadose zone-physics and measurement of soil moisture.
- 2) Chemical quality of water (or Geochemistry of Water).
- 3) Snow physics and forecasting of snowmelt.

Mr. W.A. LANGBEIN, wrote us:

"These subjects have been suggested as being sufficiently broad as to warrant a majority of hydrologists and yet sufficiently different from past seminars you have sponsored to warrant UNESCO's support.

As to place-Stanford University, which is about 50 miles from Berkeley, would make a suitable meeting place for a seminar on the first two topics, and Prof. Linsley assures me that, subject to concurrence on details, the University would extend an invitation. The snow seminar might appropriately be held at Soda Spring the snow experimental station in the Sierra Nevada of California.

California, as you doubtless are aware, has many things to interest the hydrologist, and it would be possible to arrange highly instructive tours for our visitors in connection with the seminars.

2. FURTHER DEVELOPMENTS

But it appears during the Session of the Commission of Hydrological Meteorology of W.M.O., that this question of pre-assembly symposia would receive further developments. Two very important subjects were discussed during the meeting of the Commission:

Générale de 1963 prévue pour Berkeley en Californie, l'A.G.U. a proposé de tenir des colloques avant l'Assemblée, si possible sur le modèle des réunions sur l'Aéronomie tenues à Copenhague avant l'Assemblée de Helsinki.

Des colloques sur l'hydrologie ont été provisoirement inclus dans les plans de l'A.G.U., avec l'idée que ces colloques pourraient être soutenus par l'UNESCO et qu'ils permettraient ainsi d'obtenir une assistance pour couvrir les frais de voyage pour les collègues non-américains.

L'idée de la section d'Hydrologie de l'A.G.U. est que les colloques en question pourraient porter sur les thèmes suivants:

- 1) Physique de mesure de l'humidité du sol.
- 2) Qualités chimiques des Eaux ou Géochimie de l'Eau.
- 3) Physique de la neige et prévisions relatives à la fusion de la neige.

Mr W.A. LANGBEIN écrivait à ce sujet :

« Ces sujets ont été suggérés parce qu'étant suffisamment larges pour garantir d'intéresser une majorité d'hydrologues et de plus assez différents des sujets de colloques précédents pour avoir des chances d'obtenir le support de l'UNESCO.

Au sujet de l'endroit, l'Université de Stanford qui est à environ 30 milles de Berkeley, constituerait un lieu de rencontre souhaitable pour les deux premiers sujets et le Prof. Linsley m'a assuré qu'en principe il était sûr que l'Université enverrait une invitation.

La Californie, comme vous le savez sans doute, possède de nombreuses choses capables d'intéresser les hydrologues et il serait possible d'organiser des tournées excessivement instructives pour nos visiteurs, en rapport avec les colloques.

2. DÉVELOPPEMENTS NOUVEAUX.

Mais il apparut au cours de la session de la Commission de Météorologie hydrologique de l'O.M.M. que cette question des colloques à tenir avant l'assemblée générale allait recevoir de nouveaux développements.

Deux sujets très importants furent discutés au cours de la réunion de la Commission:

- a) Hydrological Forecast
- b) Hydrological Networks.

The Commission of Hydrological Meteorology of W.M.O hoped that it would be possible to organize one of these symposia jointly with the I.A.S.H. during the week preceeding the next General Assembly of the I.U.G.G. (Berkeley, 1963).

3. SUGGESTIONS CONCERNING "GEOCHEMISTRY OF WATER"

(See Annex I—Letter of W.A. LANGBEIN).

One of the items discussed and accepted by the Section Hydrology of the A.G.U. was the interest for the question of Geochemistry of Water.

1) The American Section of Hydrology proposed the creation of a Committee on "Geochemistry of Water".

2) The same section suggested to include the topic of Geochemistry of Water (Ground and Surface Water) amongst the subjects of the Symposia to be held in Stanford before the General Assembly of 1963.

The Secretary of the I.A.S.H. suggests a little change of the first proposal:

"The actual Committee on Dissolved Matter will become a Committee on Geochemistry of Water".

4. SUGGESTIONS CONCERNING A SYMPOSIUM ON SOIL MOISTURE

The second Suggestion of the Section Hydrology of A.G.U. was to hold another symposium before the Assembly of 1963, at Stanford with the subject: The vadose zone: physics and measurement of soil moisture. The interest of this subject is evident.

It has never been discussed and it would be quite different from past symposia.

Not only the Commission of Subterranean Water would be interested with this subject but Surface Waters and Land Erosion would also find different opportunities in the presentation of papers and in the discussion.

- a) Prévission hydrologique
- b) Réseaux hydrologiques.

La Commission de Météorologie Hydrologique espère qu'il sera possible d'organiser un de ces colloques en collaboration avec l'A.I.H.S., au cours de la semaine précédant la prochaine Assemblée Générale de l'I.U.G.G.I. (Berkeley 1963).

3. SUGGESTIONS CONCERNANT LA «GÉOCHIMIE DE L'EAU»

(voir Annexe I — Lettre de W.A. LANGBEIN).

Un des sujets discutés et acceptés par la section d'hydrologie de l'A.G.U. est l'intérêt pour la question de la Géochimie de l'Eau.

1. La Section Américaine d'Hydrologie a proposé que l'A.I.H.S. constitue un Comité de Géochimie de l'Eau.

2. La même section a suggéré d'inclure le thème de la Géochimie de l'Eau (Eau souterraine et Eau de Surface) parmi les sujets des Colloques à tenir à Stanford avant l'Assemblée Générale de 1963.

Le Secrétaire de l'A.I.H.S. se propose de légèrement modifier la première suggestion.

«Le comité actuel des Substances Dissoutes sera transformé en Comité de Géochimie de l'Eau».

4. SUGGESTIONS RELATIVES A UN COLLOQUE SUR L'HUMIDITÉ DU SOL

La deuxième suggestion de la Section d'Hydrologie de l'A.G.U. était d'organiser un autre colloque avant l'Assemblée Générale de 1963, à Stanford, sur le sujet suivant:

Physique et mesure de l'Humidité du sol. L'intérêt de ce sujet est évident.

Il n'a jamais été discuté et il serait complètement différent de nos colloques antérieurs.

Non seulement notre Commission des Eaux Souterraines serait intéressée par ce sujet, mais les Eaux de Surface et l'Erosion Continentale trouveront aussi de multiples occasions de présenter des communications et de prendre part à la discussion.

SUGGESTION CONCERNING A SYMPOSIUM
TO BE ORGANIZED JOINTLY WITH W. M. O.

The Commission for Hydrological Meteorology of the World Meteorological Organization (session of Washington April 1961) discussed the question of International symposia.

"The Commission noted that WMO had already organized several scientific symposia and training seminars of interest to hydrological meteorology, and it was agreed that continued activities on these lines would help further the aims of the Commission. In its work, WMO should collaborate with other international organizations and especially with the I.A.S.H. (see Agenda Item 3.11); the WMO programme of symposia in hydrological meteorology should be closely coordinated with the I.A.S.H. programme.

The Commission recommended that WMO should organize symposia on the following subjects, listed in order of priority:

- 1) Networks for Hydrological Meteorology
- 2) Hydrological Forecasting
- 3) Evaporation Measurements and Control

collaboration with CIMO: see Agenda Item 3.11).

- 4) Quantitative Prediction of Precipitation.

The main reason for assigning the highest priority to the symposium on the design of networks for hydrological meteorology was that this was considered to be the most important subject from the point of view of the developing countries. It was thought to be of particular importance to bring hydrologists and meteorologists together. The result of the discussion during this symposium could also be of great value to the Working Group on Network Design.

The Symposium on Hydrological Forecasting should cover the following subjects:

- a) Principles and theoretical factors:
 - Antecedent conditions
 - Relations of runoff to precipitation.
- b) Practical techniques:
 - Correlation techniques
 - Machine methods.
- c) Verification of Hydrological Forecasts
- d) Design storms:
 - Flood movement in rivers.

5. SUGGESTIONS AU SUJET D'UN COLLOQUE A
ORGANISER EN COLLABORATION AVEC
L'O. M. M.

La Commission de la Météorologie Hydrologique de l'Organisation Météorologique Mondiale (session de Washington, avril 1961) a discuté la question des Colloques internationaux.

«La Commission a noté que l'OMM a déjà organisé plusieurs colloques scientifiques et stages de formation présentant un intérêt pour la météorologie hydrologique, et il a été convenu que la continuation de ce genre d'activités aiderait la Commission à atteindre les buts qu'elle s'est fixés. L'OMM devrait, pour ces travaux, collaborer avec les autres institutions internationales et spécialement avec l'A.I.H.S. (voir point 4.4. de l'Ordre du jour); le programme de l'OMM en matière de colloques sur la météorologie hydrologique devrait être étroitement coordonné avec le programme de l'A.I.H.S.

La Commission recommande que l'OMM mette sur pied des colloques portant sur les sujets suivants, cités par ordre de priorité :

- 1) Réseaux de météorologie hydrologique.
- 2) Prévision hydrologique.

- 3) Mesures et prévention de l'évaporation (en collaboration avec la CIMO; voir point 3.11 de l'Ordre du jour).

- 4) Prévision quantitative des précipitations.

La raison essentielle pour laquelle le colloque sur la planification des réseaux pour la météorologie hydrologique a reçu la priorité la plus urgente est que ce sujet a été reconnu comme étant le plus important du point de vue des pays en voie de développement. On a estimé qu'il était particulièrement important de rassembler les hydrologistes et les météorologistes afin qu'ils puissent entrer en contact les uns avec les autres. Le résultat des discussions qui auront lieu pendant ce colloque pourrait également s'avérer d'une grande valeur pour le Groupe de travail de la Planification des réseaux.

Le Colloque sur la prévision hydrologique devrait porter sur les sujets suivants :

- a) Principes et facteurs théoriques :
 - Conditions antécédentes
 - Rapport du ruissellement aux précipitations.

It was hoped that it would be possible to organize one of these symposia jointly with the I.A.S.H. during the week preceding the next General Assembly of the I.U.G.G. (Berkeley, 1963).

The Secretary of the I.A.S.H. will continue to discuss this question with WMO, but it seems that the order of priority established at the meeting of Washington will be maintained.

The subject will therefore be:

Networks for Hydrological Meteorology or Hydrological Forecast.

The Secretary of the I.A.S.H. underlines the interest of the organization of such a symposium which would give the opportunity to obtain grants for the travel of some hydrologists for the General Assembly of Berkeley.

- b) Techniques pratiques :
Techniques de corrélation
Méthodes mécaniques.
- c) Vérification des prévisions hydrologiques.
- d) Averses servant au calcul :
Mouvements de crue dans les cours d'eau.

On a exprimé l'espoir qu'il sera possible d'organiser un de ces colloques en collaboration avec l'A.I.H.S. pendant la semaine précédant la prochaine Assemblée générale de l'U.G.G.I. (Berkeley 1963).

Le Secrétaire de l'A.I.H.S. continuera de discuter cette question avec l'OMM, mais il semble bien que l'ordre de priorité établi à la réunion de Washington sera maintenu. Le sujet sera par conséquent :

ou bien : les réseaux pour la Météorologie.

ou bien : les prévisions hydrologiques.

Le Secrétaire de l'A.I.H.S. souligne l'intérêt de l'organisation de semblable colloque qui permettrait vraisemblablement d'obtenir certaines subventions pour faciliter le voyage d'hydrologues à Berkeley.

ANNEX I

AMERICAN GEOPHYSICAL UNION
Section of Hydrology Washington D.C.

From: W.B. LANGBEIN;

Subject: Proposal to establish a Committee on Geochemistry of Water.

Problems in geochemistry of water result from exchanges of dissolved and solid matter that occur continuously between land masses, atmosphere and the ocean. An understanding of the principles involved in these transfers is basic to many problems in hydrology; therefore, the interests of earth scientists of different disciplines are shared. It would be the purpose of a Committee on Geochemistry of Water, then, to promote better understanding of the principles involved by communicating the experiences and knowledge of other workers in this field of hydrology. This will be accomplished by arrangement of

ANNEXE I

UNION GÉOPHYSIQUE AMÉRICAINE
Section d'Hydrologie Washington D.C.

De la part de W.B. LANGBEIN;

Sujet : Proposition d'établissement d'un Comité sur la Géochimie des Eaux.

Les problèmes de géochimie des eaux proviennent des échanges de matières dissoutes ou solides qui ont continuuellement lieu entre les masses terrestres, l'atmosphère et l'océan. Une compréhension des principes à la base de ces transferts est des plus importantes pour de nombreux problèmes hydrologiques; en conséquence l'intérêt pour ces questions est partagé entre de nombreux hydrologues. Le but d'un Comité sur la Géochimie des Eaux serait dès lors de promouvoir une meilleure compréhension des principes en question et la communication de leurs expériences.

posia, and by solicitation of appropriate scientific papers for A.G.U. and I.U.G.G. posia, general assemblies and for their regular publication media.

The subjects that might be considered by Committee are many, for they encompass ground, surface, atmospheric, and ocean waters. The following topics are some examples for consideration:

1. Chemical and radiochemical reactions, equilibrium, in simple geologic terrane.
2. Chemical problems to be evaluated in artificial recharge studies.
3. Chemical problems or effects in an estuarine system, such as resulting from reversal of flow.
4. Chemistry and Hydrology of closed basins.
5. Recycling of salts between fresh continental water and near shore salt water.
6. Geochemical relations in streamflow.
7. Organic substances in water.
8. Geochemical and isotopic techniques for identifying sources of water.

The above topics may well be considered at the proposed pre-General Assembly, I.U.G.G. Symposium at Stanford University 1963.

If the Executive Committee approves the establishment of this committee, we should commend that the I.A.S.H. establish a corresponding committee or commission,

W.B. LANGBEIN,
President, Section of Hydrology

d'autres travaux dans le domaine de l'hydrologie. Cela pourrait se réaliser par l'organisation de colloques et la sollicitation d'études scientifiques pour des colloques de l'A.G.U. et l'I.U.G.G.I., les Assemblées générales et pour leur publication régulière.

Les sujets qui pourraient être pris en considération par le Comité sont nombreux car ils relèvent des eaux souterraines, de surface, atmosphériques et océaniques. Les thèmes suivants sont des exemples pour considération :

1. Réaction chimiques et radiochimiques, ou équilibre, dans les couches géologiques.
2. Problèmes chimiques à prendre en considération dans les études de recharge artificielle.
3. Problèmes ou actions chimiques dans un système artésien, résultant d'un renversement du courant.
4. Chimie et hydrologie des bassins fermés.
5. Le cycle des sols entre les eaux douces continentales et les intrusions salines côtières.
6. Relations géochimiques dans l'écoulement.

7. Substances organiques dans l'eau.
8. Techniques géochimiques et isotopiques pour l'identification des sources de l'eau.

Les thèmes ci-dessus peuvent être considérés comme sujets de discussion pour le colloque de l'I.U.G.G.I. avant l'Assemblée Générale de l'Université de Stanford en 1963.

W.B. LANGBEIN
*Président de la Section
d'Hydrologie A.G.U.*

**c) GENERAL CONFERENCE IN
BERKELEY WITH THE PARTI-
CIPATION OF ALL THE ASSO-
CIATIONS DURING THE GENER-
AL ASSEMBLY OF 1963**

Circular II — 1961

Dear Colleague,

The Bureau of the I.G.G.U. at its meeting of Paris (last February) prepared the programme of the XIIIth General Assembly. The conclusion of the discussion was that it would be interesting to introduce in the programme of the different Associations, a General conference with the participation of all the Associations.

The Bureau proposed that the subject of this conference would be "The upper Mantle and its influence on the development of the Earth's crust.

I send you the French text of a letter I received from the General Secretary Laclavère on this subject with an english annex.

It seems to me that only one point of the proposed program can interest the hydrologists: the question of Recent Movements. These movements can produce zones of subsidence (with their influence on the Surface Waters and on the Subterrenean Waters), changes in the profiles of the streams and in the surface of their basin, variations of the lake levels, etc. etc.

I should like to receive (before July 15) your comments and your suggestions concerning the possible action of I.A.S.H. Perhaps it will be possible for you to say if your country hopes to take part at the proposed symposium.

Very truly yours,

L.J. TISON

**c) CONFÉRENCE GÉNÉRALE
BERKELEY AVEC LA PARTI-
CIPATION DE TOUTES LES
ASSOCIATIONS DURANT L'ASSEM-
BLÉE GÉNÉRALE DE 1963**

Circulaire II — 1961

Monsieur et Cher Collègue,

Le Bureau de l'U.G.G.I. a préparé le programme de la XIII^e Assemblée au cours de sa réunion de Paris en février dernier.

La conclusion de la discussion a été que qu'il serait intéressant d'insérer dans le programme des différentes Associations, une conférence Générale avec la participation de toutes les Associations.

Le Bureau propose que le sujet de cette conférence soit : Le Manteau Supérieur et son influence sur le développement de la croûte terrestre.

Je vous envoie le texte français d'une lettre que j'ai reçue à ce sujet du Secrétaire Général de l'Union Monsieur LACLAVÈRE (texte français avec annexe en anglais).

Il me semble que le seul point du programme envisagé qui pourrait faire l'objet d'une participation de l'A.I.H.S. est la question des mouvements récents. Ceux-ci peuvent en effet provoquer des zones de subsidence (avec influence que cela comporte sur les eaux de surface et souterraines) des modifications du profil du cours d'eau, des changements de l'étendue du bassin, de variations des niveaux des lacs, etc.

Je vous demande de bien vouloir examiner cette question, de me faire éventuellement (avant le 15 juillet prochain) des suggestions relatives au programme A.I.H.S. et de me dire si votre pays compte participer au colloque envisagé.

Veuillez croire, Monsieur et cher Collègue, à mes sentiments les meilleurs.

L.J. TISON

UNION GEODESIQUE ET GEOPHYSIQUE INTERNATIONALE

Secrétaire Général : G. LACLAVÈRE
140, rue de Grenelle,
Paris VII.

M. L. J. TISON,
rue des Ronces,
NTRUGGE.

Cher Ami,

Le Bureau de l'U.G.G.I. s'est réuni à Paris au mois de Février et au cours de la réunion étudié le programme de la 13^e Assemblée Générale de l'U.G.G.I. La conclusion de cette discussion a été qu'il serait sans doute opportun d'insérer dans les programmes des diverses Associations, une Conférence Générale à laquelle elles participeraient toutes. Cette Conférence traiterait d'un sujet commun choisi en raison de son importance dans l'état actuel de la Science.

Le Bureau propose que la question du Manteau Supérieur et de son influence sur le développement de la croûte terrestre soit le sujet choisi pour la Conférence Générale. L'importance de ce sujet ne saurait en être sous-estimée. Ce n'est que par la connaissance des propriétés physiques du manteau supérieur et des phénomènes dont il est le siège que nous serons en mesure d'expliquer les mouvements lents et rapides de la croûte terrestre et les phénomènes magmatiques.

L'étude des sources d'énergie pour les phénomènes tectoniques et magmatiques et leur mécanisme présente un grand intérêt non seulement au point de vue strictement scientifique mais aussi dans un but pratique. Par exemple de telles études pourront contribuer à élucider les processus de formation des composés métalliques.

Le Bureau de l'U.G.G.I. a établi une liste de sujets qui pourraient être discutés au cours de cette Conférence Générale liste qui est jointe à cette lettre. Veuillez l'examiner et faire connaître quelle pourrait être la participation de votre Association.

Les questions que le Bureau considère comme étant les plus importantes sont soulignées. Veuillez, je vous prie, porter toute votre attention sur telles études qui peuvent jeter quelque lumière sur les relations entre les processus qui se développent dans le manteau et le développement de la croûte terrestre.

Le Bureau accueillera avec joie toute suggestion ou proposition pour le programme de cette Conférence Générale. Si vous êtes d'accord avec le Bureau, veuillez désigner des responsables pour chaque sujet qui présente un intérêt pour votre Association. On pourrait les charger de préparer le programme détaillé de la Conférence Générale pour les sujets qui leur sont échus.

Il est proposé qu'au début de la Conférence Générale on tienne une Session réservée à la présentation du thème choisi au cours de laquelle l'état actuel de nos connaissances dans les différents domaines du sujet serait présenté. Veuillez, je vous prie, penser dès à présent aux choix des orateurs et des sujets.

Après cette séance de présentation, les Associations organiseront des réunions pour la discussion des divers problèmes en détail.

On propose également qu'à la fin de la Conférence Générale au cours d'une séance plénière les résultats les plus saillants des discussions au cours des réunions des Associations soient présentés.

Le Bureau espère sincèrement que votre Association acceptera ces propositions.

Veuillez envoyer vos remarques au Professeur T. Nagata, avec copie au Secrétaire Général, G. Laclavère. Le Bureau a chargé le Professeur T. Nagata de l'organisation d'ensemble de cette Conférence Générale.

Cordialement,

(s.) G. LACLAVÈRE
Secrétaire Général

ANNEX I

PREAMBLE

One of the major objects of the Upper Mantle Project is to investigate the nature of the outer 1,000 km of the Earth. Some major unsolved problems which would fall within the scope of the project are:

Differences in the Upper Mantle and crust between continents and oceans and the various tectonic zones.

Mechanism at the earthquake focus.

Nature of the M Discontinuity.

Explanation of electric conductivity variations with depth.

Origin of the low velocity zones in the Upper Mantle.

Extent and Significance of intermediate layers.

Explanation of detection of zones near melting point.

Evolution of tectonic and magmatic processes over geological time.

The study of these problems to a prerequisite to the understanding of the physical mechanisms behind tectonic and magmatic processes.

The development of new techniques such as:

Magneto telluric.

Long waves and free oscillation.

Deep seismic soundings.

Ocean bottom seismographs.

Deep drilling.

etc.

gives every hope to tackle successfully problems which so far remain unsolved.

Further methods must be developed to reveal movements of matter in the Upper Mantle.

Data of the geological records on the various continents should be examined on a worldwide basis to reveal the evolution on the mantle. Joint interpretation of geological data and geophysical observations will throw some light on the deep origin of tectonic and magmatic phenomena.

All these studies will provide the basic information for a better understanding of magmatic and tectonic processes.

I. CONTINENTS

The main tectonic zones of the continents are:

Shields and Stable zones, folded and activated zones, and continental margins.

Only on continents can all known methods be applied simultaneously. We want to compare the thickness and the physical properties of the crust, (including its intermediate layers) as well as the Upper Mantle several hundreds of km deep under different tectonic zones. The methods of carrying out these investigations are the following:

a) *Shields and stable zones*

Deep drilling to study the deep layers of granite and upper layers of basalt.

Heat flow measurements in different tectonic regions.

Geological history of shields and stable zones from age determination of rocks and stratigraphy.

Seismological layering of shields and stable zones should be measured and identified.

Metamorphism, granitization and mechanism of formation granite domes (in particular search for petrological, geochemical and palaeomagnetic indications about temperature and pressure associated with metamorphism).

Gravity and geophysical surveys over batholiths, to obtain the three dimensional picture these features.

(Special attention should be given to basins and arches in the shield and stable zone areas).

Folded and activated zones

It is important to make comparative studies of folded and activated zones of different ages. Is the crustal layering the same under each of these zones? Does the low velocity layer have the same? What is the nature of the transition between the stable and shield areas, and the folded and activated zones?

In folded and activated zones, attention should be paid to lateral velocity (P. & S.) and thickness variations.

It is important in these zones to have information on the structure of the crust under the upheavals and depressions. Tectonic and magmatic history of folded and activated zones should be carried out in order to study the trends of tectonic and magmatic evolutions.

The various types of magmatic and tectonic evolutions in different regions should be studied.

The role of isostasy in tectonic development should be investigated; in particular the influence of the intermediate layers on isostatic adjustment should be studied.

Mechanism and origin of folding of different types should be studied.

Recent movements

In zones of active tectonic developments seismicity and focal mechanism should be elucidated. Current strain accumulation should be determined with strain seismographs electronic distance measuring devices. Tilting and vertical and horizontal movements should be measured.

Isostatic effects of accretion and removal of ice caps should be restudied taking into account the possible effect of independent tectonic movements. Scandinavian data should be reexamined. Antarctic crustal structure should indicate to isostatic response to an ice cap.

It is important to stress the necessity of a further study of strike slips of great amplitude. New criteria should be found to determine the amount of displacements along faults over geological periods.

Grabens and Lift Zones.

Continental margins

The continental margins are the most difficult feature to survey. We want to find out the thickness of sediments and crust and the velocity in depth of the M layer along profiles extending from the continent into ocean basins.

The emergence of sun-marine oceanic ridges into continents is important; this feature is of particular interest in the northern part of the Indian Ocean. This is also the case for Iceland in connection with the mid-Atlantic ridge. To carry out the study of continental margins the following are proposed:

The continuity of the M layer should be explored from the ocean into continents. It is to be noted that there are different types of continental margins, for instance the Atlantic type and the Pacific type.

Gravity and magnetic surveys should be carried out.

Seismicity and the focal mechanism in the active continental margin is important. There is a need for high precision of location of earthquake foci (shallow and deep). An attempt should be made to locate the chambers of magma. The tectonic evolution of the continental margin studied by all possible methods.

II. OCEANS

Explosions can penetrate more deeply in the mantle in Ocean than Continents. The main tectonic zones of the oceans are:

a) *Deep oceanic basins*

An attempt should be made to penetrate to greater depths by larger explosions into the mantle than before. This should be done along profiles of about 1,000 km long. The use of deep ocean seismographs is necessary. The amplitude and travel time should be obtained as a function of the distance.

Thermal measurements should be made to evaluate the heat flow. Gravity profiles and magnetic surveys should be carried out.

Shear waves as well as compressional waves should be recorded by fixed seismographs having identical response. Long waves from earthquakes should be recorded by fixed seismographs placed along the shore lines and on islands.

b) *Sub-marine ridges*

Profiles along and across sub-marine ridges at specific places should be made including temperature profiles (heat flow measurements) accurate topographic surveys at large scale (by each sounding).

Magnetic and gravity surveys should be made. The seismicity should be studied, greater precision in epicentre location by the addition of new stations on islands.

Dredging and sedimentary coring should be made and the samples should be subjected to geological examination. Explosion seismology should be carried out including investigation of the relations between temperatures and compressional and shear waves velocity. On islands special geological, geochemical, petrological studies should be made.

c) *Inland seas*

The crust is thicker and the thickness of sediments is greater than in ocean basins. This indicates a different structure.

The following programme of observations is proposed:

Measurements of the thickness of the sediments.

Determination of the structure of the crust and of the upper mantle by the preceding techniques.

Geological History.

Relations between continental seas and the structure of the crust and the Upper Mantle.

Propagation of long waves and channel waves.

Heat flow measurements.

Magnetic and gravity surveys.

Phase velocity of long waves.

Present geological structure of oceanic margin areas.

Petrological and geological studies of volcanoes.

Depth and size of magma chambers by precision location of volcanic epicentres and long phase velocity.

Shore line studies using sub-marine, geomorphological and geodetic methods to reveal movements in the area.

Remarks: Is the Arctic an inland sea? The study of the Lomonosov ridge is important. Is it a continuation of the mid-atlantic ridge?

Island arcs

One of the most intriguing features of the Earth's crust not yet fully understood is the island arcs. They are associated with the greatest earthquakes and the greatest depth of the trenches.

All methods should be applied to elucidate the structure of these features.

The nature of faulting associated with island arcs structure should also be investigated.

The thickness of sediments should be measured.

The profiles of island arc features should be made.

A comparative study (geological, petrological and tectonic) of various types of island arcs should be made.

To make a comparative study of the tectonic and magmatic history and to the structure of various types of island arcs.

SYMPOSIUM OF ATHENS

d) COLLOQUE D'ATHÈNES

Cirilaire III — 1961

Circular III — 1961

Symposium of Athens 11-20 October 1961
Resources in Groundwater

Colloque d'Athènes 11-20 octobre 1961
Ressources en Eaux Souterraines

The Secretary has just received the following inquiries after a meeting with members of the Greek Committee, namely with Professor GEORGIADIS, the delegate of I.A.S.H. in Greece.

Le Secrétaire vient d'obtenir les indications suivantes après avoir rencontré des membres du Comité Grec et particulièrement avec Monsieur le Professeur GEORGIADIS, délégué de l'A.I.H.S. en Grèce.

Greek Committee

1. Composition du Comité Grec

Prof. MITROPOULOS, (Géologie) — Académicien.

Prof. TRIKKALINOS, (Géographie Physique) — Président de l'Académie.

Prof. MARIOPOULOS, (Météorologie) — Ancien Recteur de l'Université.

Prof. PHOCAS, (Balnéologie) — Recteur de l'Université.

Prof. LOUROS, (Gynécologie).

Ex-Prof. GEORGALAS, (Minérologie).

MM. ZACHOS, Directeur Général de l'Institut des Recherches Géologiques du Sous-sol.

PALEOLOGUE, Directeur Général du Ministère de l'Agriculture.

CALCOPOULOS, Chef de Service hydrogéologique du Ministère de l'Agriculture.

XENOS, Président du Comité hellénique de Géodésie et de Géophysique.

PERTESIS, Chimiste, ex-Directeur du Service hydrologique du Ministère de l'Industrie.

CATSOUKIS, Directeur des Services de Géochimie et de Technologie au Ministère de l'Industrie.
 E. VOURLAKIS, Général de Brigade, Directeur du Service Météorologique National
 GEORGIADIS, Professeur de Minéralogie et de Pétrologie.

2. Hotels

We suggest that the participants ask their travel Agency to reserve their room.

The Greek Committee approach a Greek Agency from which I received the following inquiries to help our participants in the choice of their hotel:

- a) Class Luxe
 Grande Bretagne
 Amalia
 King's Palace
 King George
 etc.

Price: Room 1 person: between 7 and 9,50 \$ a day (with bath)
 Room with 2 beds (with bath): between 11 and 17 € a day.

- b) Category A
 Olympia Palace
 Acropole Palace
 Alex
 National
 etc.

Room for 1 person: from 6 to 7 \$ a day
 Room with 2 beds: from 9,5 to 10,50 \$ a day.

- c) Tourist Class
 Alpha
 El Greco
 Alice
 Minos
 etc.

Room for 1 person: 4 to 5,5 \$ a day
 Room with two beds: 6 to 7,5 \$ a day

These prices involve the breakfast and the service.

2. Hôtels

Nous suggérons aux participants s'adresser à leur agence de voyage pour réserver leur chambre

Le Comité grec s'est mis en rapport avec une agence grecque qui nous communique les indications suivantes pour aider les participants dans le choix de leur hôtel

- a) Hôtels de luxe
 Grande Bretagne
 Amalia
 King's Palace
 King George
 etc.

Prix d'une chambre pour une personne (avec bain) : de 7 à 9,50 \$ par jour.

Chambre à deux lits (ba
 de 11 à 17 \$ par jour.

- b) Catégorie A
 Olympia Palace
 Acropole Palace
 Alex
 National,
 etc.

Chambre pour 1 personne : 6 à 7 \$ par jour

Chambre à deux lits : 9,50 à 10,50 \$ par jour.

- c) Classe touristique
 Alpha
 El Greco
 Alice
 Minos, etc.

Chambre pour 1 personne : 4 à 5,5 \$ par jour.

Chambre à deux lits : 5 à 7,5 \$ par jour

Tous ces prix comprennent le petit déjeuner et le service.

3. General Program

Wednesday 11th October

11 a.m. Opening Meeting of the Symposium in the Academic Hall of the University of Athens University Street.

3. Programme Général

Mercredi 11 octobre

11 h Ouverture solennelle du Colloque dans la Salle Académique de l'Université d'Athènes par des ministres grecs.

- 3 p.m. Working Meeting in the amphitheater of the Universitaire Hospital Alexandre, Queen Sophia Street.
- Wednesday 12th October
 9 a.m. Working meeting
 3 p.m. Working meeting.
- Thursday 13th October
 9 a.m. Working meeting
 3 p.m. Working meeting.
- Friday 14th October
 7 a.m. Excursion to Marathon and Chalki
 Departure at 7 a.m. with autocars with guides. Visit of Marathon (Dam).
 Continuation for Cropus. Crossing of the Channel with the ferry-boat (1 h.) for the island of Eubec. Arrival at 12 o'clock at Eretrie and after at Chalkis (Tides of the Euripe). Lunch at Hotel Lucy. Departure at 1.30 p.m. and return Thebes—Athens (4 p.m.).
 Price of the excursion with the Lunch: 200 Drachmes.
 4 p.m. Working Meeting.
- Saturday 15th October
 Excursion to Cap Sounion via Vouliagmeni. Departure at 9 a.m. for Ekali (visit) Vriliasia (visit), Sounion (visit of the Temple). 1 p.m. Lunch (Hotel Algeon). After the lunch, departure for Vouliagmeni Return Athens: 5 p.m.
 Price: 185 drachmes with the lunch.
- Sunday 16th October
 9 a.m. Working Meeting
 3 p.m. Working Meeting.
- Monday 17th October
 Visit of Athens (Acropole and National Museum) Departure at 9 a.m. National Museum (Visit), Royal Palace, Stadion, Temple of Jupiter, Theater of Dionisos, Agora (visit) Museum of Acropole. Return to the Hotels (1.30 p.m.).
- 15 h Première séance de travail à l'Amphithéâtre de l'Hôpital Alexandre, rue de la reine Sophie.
- Jeudi 12 octobre
 9 h Séance de travail
 15 h Séance de travail.
- Vendredi 13 octobre
 9 h Séance de travail
 15 h Séance de travail.
- Samedi 14 octobre
 7- h Excursion à Marathon et à Chalkis.
 Départ à 7 1/2 h par autocar avec guide-conférencier. A Marathon visite (Barrage). Continuation pour Cropus. Traversée par le Ferry (1 heure) pour l'île d'Eubée et arrivée vers 12 h à Eretrie et ensuite à Chalkis (La marée de l'Euripe présente des phénomènes particulières).
 Déjeuner à l'Hôtel Lucy et départ à 13.30 h pour le retour par Thèbes. Arrivée à Athènes à 16 h.
 Prix de l'excursion : 200 Drachmes.
 16 h Séance de travail.
- Dimanche 15 octobre
 Excursion au Cap Sounion via Vouliagmeni. Départ à 9 h pour Ekali (visite) Vriliasia (visite), Sounion (visite du Temple). 13 h déjeuner à l'Hôtel Algeon. Après le déjeuner, départ pour Vouliagmeni et visite de la Station balnéaire. Retour à Athènes vers 17 h.
 Prix : 185 Drachmes.
- Lundi 16 octobre
 9 h Séance de travail
 15 h Séance de travail.
- Mardi 17 octobre
 Visite de la Ville d'Athènes (Acropole et Musée National).
 Départ à 9 h : Musée National (Visite) Grands Boulevards, Palais Royal, Stade, Temple de Jupiter, Théâtre de Dionisos, Agora (visite). Montée à l'Acropole et visite (Musée). Retour aux hôtels (vers 13.30 h).

Price: 90 Drachmes.
3 p.m. Working Meeting.

Wednesday 18th October
9 a.m. Working Meeting
3 p.m. Working Meeting.

Tuesday 19th October
Excursion to Dephes and Amphisia. Departure: 7 1/2 a.m. for Thèbes and Lavadia. Visit of the Valley of Amphisia (Hydrological Research).
1 p.m. lunch Hotel Tourist, Delphes. Visit of the ruins and of the museum. Return 9 p.m. Athens.

Friday 20th October
Departure 7 1/2 a.m. for Daphni, Eleusis and Loutraki (possibility of a visit of Old Corinthe). Continuation for Mycenae(visit) Lunch at Hotel Amphitryon Nauplie. Continuation for Epidaure (Museum and Theater) Return Athens 9 p.m.
Both last excursion present an archeological and an hydrological interest. Some research works of F.A.O. will be visited.
Total price for the 2 days: 565 Drachmes.

Prix : 90 Drachmes.
15 h Séance de travail.

Mercredi 18 octobre
9 h Séance de travail
15 h Séance de travail.

Jeudi 19 octobre
Excursion à Delphes et Amphisia. Départ à 7.30 h par Thèbes et Lavadia. Visite de la Vallée d'Amphisia (Recherches hydrologiques). 13.30 déjeuner à l'Hôtel Touriste à Delphes. Visite des ruines et du Musée. Retour à Athènes vers 21 h.

Vendredi 20 octobre
Départ : 7.30 h par Daphni; Eleusis et Loutraki (Si possible visite de l'ancienne Corinthe). Continuation pour Mycènes (visite). Déjeuner à l'Hôtel Amphitryon à Nauplie. Continuation pour Epidaure (Musée et Théâtre). Retour à Athènes vers 21.30 h.
Ces deux dernières excursions présentent un intérêt hydrologique et touristique.
Elles permettent de visiter les travaux et recherches de la F.A.O. dans ces régions.
Prix total pour les 2 journées : 565 Drachmes.

4. Some inquiries concerning the scientific part of the program

a) 80 papers are announced: an average of 7 papers have therefore to be presented and discussed in each meeting.

At the present time (1st June) all the manuscripts would be in the hands of the secretary. He only received 20 papers. However, he will do his best to have the maximum of papers printed before September 20.

b) The time for the presentation is limited to 20 minutes.

c) Please will you let know to the Secretary the size of your slides. It will be possible to present 16 mm films but the Secretary has to know it before Sept. 15.

4. Partie Scientifique du Programme

a) 80 communications sont annoncées. Il faut donc compter qu'il faudra présenter et discuter 7 communications par séance de travail.

Au 1er juin toutes les communications devaient être rentrées : le secrétaire n'avait reçu que 20.

Il s'efforcera cependant de faire imprimer le maximum de communications avant le 20 septembre.

b) En principe le temps de présentation des communications est limité à 20 minutes.

c) Les auteurs sont priés de faire savoir au secrétaire le format de leurs projections. Il y a possibilité de projeter des films de 16 mm à conditions d'en avvertir le secrétaire avant le 15 septembre 1961.

Some details

- a) October in Greece is warm during day but the evening is cooler.
- b) 1 \$ = 30 Drachmes.
- c) The Greek Travel Agency «HERMES» Stadion Street, Athens will organize different excursions. The participants write to this agency for special arrangements (excursions before or after the Symposium).
- d) The Greek Committee will probably organize a reception one of the evenings of the symposium.
- e) The same Committee will try to organize a Ladies' Committee.

5. Quelques détails

- a) Les journées d'octobre en Grèce sont encore assez chaudes, les soirées plus fraîches.
- b) 1 dollar U.S.A. vaut environ 30 drachmes.
- c) L'Agence hellénique «HERMES EN GRÈCE» rue du Stade, 4 à Athènes organisera les excursions du colloque. De plus, les participants peuvent se mettre en rapport avec elle pour des arrangements spéciaux (excursions avant ou après le colloque).
- d) Le Comité Grec organisera très vraisemblablement une réception d'un des soirs du colloque.
- e) Ce même Comité s'efforcera également d'occuper les loisirs des dames au cours du Colloque.

B) Organisations Gouvernementales F.A.O.

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE COMMISSION EUROPENNE D'AGRICULTURE

Septième Conférence des organisations internationales pour l'étude en commun des plans d'activité dans le domaine de l'agriculture en Europe

Paris, 20-24 février 1961

(Ouverture de la Conférence à 10.30 h, lundi 20 février, au Centre des Conférences internationales, Ministère des Affaires Etrangères, 19, Avenue Kléber, Paris, 16ème)

L'A.I.H.S. avait été invité à se faire représenter à cette conférence. Le Président, le Dr FRIEDRICH a bien voulu assurer cette représentation.

ORDRE DU JOUR PROVISOIRE

- 1. Adoption de l'ordre du jour (doc. io/7/61(1)).
- 2. Etude en commun des plans d'activité y compris l'organisation des réunions internationales dans le domaine de l'agriculture en Europe pour 1961 et les années suivantes. (io/7/61(2), oi/7/61(3)).
 - i) Examen des suites données aux travaux des groupes de discussion constitués au cours des réunions précédentes.
 - ii) Informations complémentaires sur les activités projetées dans certains domaines

déterminés.

iii) Examen des possibilités de coopération sur des projets déterminés.

(L'ordre du jour provisoire des groupes de discussion qui devront étudier les divers aspects de ce point figurera dans le document io/7/61(2)).

3. Examen des méthodes destinées à encourager et à renforcer la coopération entre organisations internationales. (doc. io/7/61(5)).

4. Rôle et tâche des organisations internationales dans l'organisation de la Campagne mondiale contre la faim. (doc. io/7/61(6)).

5. Autres questions.

6. Date et lieu de la huitième Conférence des organisations internationales pour l'étude en commun des plans d'activité dans le domaine de l'agriculture en Europe.

2. RAPPORT DE M. LE DR. FRIEDRICH

La septième Conférence des organisations internationales pour l'étude en commun des plans d'activité dans le domaine de l'agriculture en Europe s'est tenue à Paris du 20 au 24 février 1961. La Conférence a adopté des méthodes de travail d'une efficacité éprouvée au cours des précédentes sessions. Dans les domaines où un nombre appréciable d'organisations internationales étaient engagées ou avaient manifesté un intérêt, elle a constitué des groupes de discussion pour l'échange de renseignements et l'étude approfondie des plans d'activité. Les groupes ont également eu pour tâche de déterminer la mesure dans laquelle certains projets pouvaient faire l'objet d'une action conjuguée et d'essayer de coordonner dans un domaine donné les efforts des différentes organisations intéressées. On s'est efforcé dans ce but de constituer les groupes en fonction de l'intérêt porté par les différentes organisations à un projet donné.

Un seul des différents groupes de discussion traitait des problèmes qui touchent l'hydrologie. C'était le groupe sur l'irrigation et l'assainissement des sols. Dans ce groupe les représentants des organisations suivantes étaient réunies : Organisation Européenne de Coopération Economique OEEC (M. DIETRICH), Commission Internationale du Génie Rural (JGR) (M. CARLIER), Association Internationale de la Science du Sol ISSS (M. van BAREN), Association Internationale d'Hydrologie Scientifique AIHS (M. FRIEDRICH), Centre d'Etudes de l'Agriculture (M. de DIERENDONCK) et Institut Internationale de la Potasse (M. de TARRAGON).

Les plans d'activité en cours et futures des différentes organisations, les publications, les rapports et le calendrier des réunions internationales furent discutés en détail. Il est important à constater que la Commission Internationale du Génie Rural prépare une réunion en Italie en septembre 1961 avec l'ordre du jour suivante : anciens et nouveaux systèmes d'irrigation collective et leur organisation technique; nouvelles méthodes de prospection et de captage des eaux souterraines pour l'irrigation dans les entreprises autonomes; évaluation des déficits d'eau des plantes cultivées dans les différentes conjonctures pédologiques et climatiques; aspects physiologiques du drainage et établissement des normes du drainage en fonction du milieu physique.

3. PROJET DE RAPPORT DU GROUPE DE DISCUSSION SUR L'IRRIGATION ET L'ASSAINISSEMENT DES SOLS

La Conférence a pris note de l'état des travaux décidés lors de la Sixième Conférence ainsi que des plans d'action future des différentes organisations dans ce domaine. Elle a également noté les différentes réunions que la Sous-Commission de la recherche agricole de la Commission Européenne d'agriculture a l'intention de convoquer en 1961, traitant du projet de recherche en coopération sur l'irrigation d'appoint.

La Conférence a exprimé le désir d'être tenue informée des lieux et dates des réunions envisagées et de prendre connaissance des publications éventuelles qui suivraient ces travaux.

Il a été noté que l'Association Internationale d'Hydrologie Scientifique pourrait se charger de l'étude particulière des pertes d'eau par évapo-transpiration, consécutives aux irrigations de complément.

A la suite des recommandations formulées par la Conférence précédente, la CIGR a tenu les questions suivantes pour les porter à l'ordre du jour de la réunion de travail de sa dernière section en Italie, en septembre 1961 : anciens et nouveaux systèmes d'irrigation collective et leur organisation technique; nouvelles méthodes de prospection et de captage des eaux souterraines pour l'irrigation dans les entreprises autonomes; évaluation des déficits d'eau des plantes cultivées dans les différentes conjonctures pédologiques et climatiques; aspects physiologiques du drainage; et, enfin, établissement des normes du drainage en fonction du milieu physique.

L'ISSS a exprimé le désir de participer à cette réunion.

En ce qui concerne les deux derniers problèmes, la Conférence a estimé qu'une étude commune pourrait être entreprise sur la base d'un questionnaire que la CIGR aurait à mettre au point à l'occasion de sa réunion de septembre. Ce questionnaire serait ensuite diffusé parmi diverses organisations internationales intéressées (ISSS, UNESCO, FAO, ICID et CIGR).

La Conférence a pris connaissance des travaux de la Commission des forêts sur l'aménagement du territoire et l'utilisation des terres, travaux auxquels la Commission Européenne d'Agriculture a été invitée à participer. Elle a noté qu'il s'agissait d'une étude de caractère préliminaire destinée à préciser le rôle de la forêt, dans le cadre de l'aménagement du territoire.

L'Association internationale de la science du sol (ISSS) a précisé qu'elle tiendrait en 1962 ses réunions de travail de ses Commissions 3 (biologie et zoologie du sol) et 6 (technologie), qu'en outre, en septembre 1962, ses Commissions 4 et 5 (fertilité et classification des sols) se réuniraient en Nouvelle-Zélande.

Les recherches expérimentales entreprises dans divers pays d'Europe en vue d'étudier l'influence de l'azote sur différentes cultures dans leur complexe écologique et climatique furent également mentionnées. Cette expérimentation est entreprise depuis cinq ans et devrait pouvoir être prolongée pendant encore au moins cinq années avant de pouvoir en tirer des conclusions intéressantes. La Conférence a estimé opportun de souligner l'intérêt qui s'attache à la poursuite de ces recherches.

La Commission internationale pour l'étude des irrigations et du drainage (ICID) a rappelé qu'elle avait organisé à Madrid, du 31 mai au 5 juin 1960, le quatrième Congrès international des irrigations et du drainage qui avait groupé plus de 700 participants représentant 50 pays et 11 organisations internationales; 131 rapports avaient été présentés. Les comptes rendus du Congrès seront publiés dans le courant de l'année 1961.

La Conférence a noté que le V^e Congrès aurait lieu à TOKIO, en 1963, et qu'en outre son bulletin annuel et une bibliographie annuelle internationale sur les irrigations et le drainage, l'I.C.I.D., préparait l'édition d'un rapport international sur le problème des pertes par évaporation des plans d'eau et poursuivait la préparation d'un dictionnaire multilingue des irrigations et du drainage et d'un rapport traitant du problème des pertes par infiltration dans les canaux d'irrigation.

La Conférence a noté également que l'Association internationale d'Hydrologie scientifique (A. I. H.) avait tenu son Assemblée générale à Helsinki en août 1960 et étudié les problèmes suivants : hydrologie des eaux de surface et des eaux souterraines, neiges et glaces; érosion du sol; relations entre les précipitations, l'évaporation et l'évapo-transpiration. Il fut précisé que les comptes rendus de ces réunions étaient en cours de publication et qu'en octobre 1961, l'A.I.H. organiserait à Athènes, en liaison avec l'UNESCO, un Symposium sur les méthodes d'évaluation des eaux souterraines, soulignant en particulier les problèmes des zones arides; enfin, l'A.I.H. tiendrait sa prochaine Assemblée générale à San Francisco en 1963.

L'Institut international de la potasse a d'autre part organisé, en juillet 1960, à Amsterdam, un Symposium sur le potassium dans l'organisme animal. En avril 1962 se tiendra à Athènes le Congrès pour l'étude de la fumure potassique dans les conditions écologiques, pédologiques et culturelles de la région méditerranéenne. L'Institut publie sa revue mensuelle en quatre

langues et une étude spéciale sur la fumure des agrumes (en trois langues). Il prépare la publication des comptes rendus du Symposium de TOKIO (1959) et des études sur la fumure normale du coton et des forêts.

Le Centre d'étude de l'azote souligne enfin l'intérêt qui s'attacherait à étudier, dans le cadre de l'activité de la Conférence, les corrélations entre l'irrigation et l'apport d'engrais aux sols irrigués, en particulier dans les zones arides et semi-arides.

TABLE DES MATIÈRES DU BULLETIN DE 1956 A 1960
CONTENTS OF THE BULLETIN 1956-1960

1956.

1. - a) SCHOELLER, H., Prof. Fac. Sci. Bordeaux. Zone et Rayon d'appel. Débits spécifiques des forages et puits. Calcul des constantes des couches agnifères et de la longueur du fût d'emprunt.
b) Comité Consultatif des Zones Arides de l'Unesco.
Deuxième session.
2. - HAEFELI, R.
Internationale Glaziologique Groenland Expedition (Suisse)
3. - HURST, H.E. (Egypte)
The problem of long term storage in reservoirs.
4. - Snow classification of the International Association of Scientific Hydrology.

1957

5. - a) Rapport sur la onzième session du comité consultatif de recherches sur la Zone Aride (UNESCO)
b) KING HUBBERT, M. (USA)
Darcy's law and the field equations of the Flow of underground fluids.
c) MERCANTON, P.L. (Suisse)
Les recherches de Technique pluviométrique de la Station Centrale Suisse de Météorologie à Zurich.
6. - a) L'Assemblée de Toronto.
b) Douzième session du comité consultatif des Zones Arides.
7. - a) L'assemblée de Toronto — Recommandations.
b) KOUDELIN, B.J. (URSS)
Principes nouveaux pour distinguer ce qui est dû à l'écoulement souterrain sur l'hydrographie des fleuves.
c) KOUDELIN, B.T. (URSS) Importance des structures géologiques pour les calculs de bilans d'eau de multiples années.
8. - a) SOUDAN. — Rapport national sur l'hydrologie
b) ISRAËL. — Rapport sur les activités hydrologiques.
c) LANGBEIN, N.B. (USA)
Numbers of stream-gaging stations in various countries with analysis of their distribution in the U.S.
d) ROY, A.K. (Indes)
Exploratory drilling for groundwater in the Narmada Valley, Madhya Pradesh, India.

1958

9. - a) BELANY, A.N. (URSS).
Principes fondamentaux de la théorie du mouvement des Eaux souterraines.
b) TOSHIO TANIGUSHI. (Japon).
Observation of Sediment Load in the river with the Tiltmeter of Zollner suspension.

- N° 10. — a) LANSER, O. (Autriche)
Réflexions sur les débits solides en suspension des cours d'eau glaciaires.
b) WEERTMAN, J. (USA)
Transport of boulders by glaciers and Ice Sheets.
c) LEVERT, C. Dr. (Pays-Bas)
Report on two new criteria for optimal networks in climatology.
- N° 11. — a) Working Group of Hydrology. National Association VI of WMO-Session
Warschaw.
b) LANGBEIN, W.B. — Hydrologie Education (USA).
c) GOLDSCHMIDT, M.J. and ROSENAN N. (Israel)
Conservation of nature versus conservation of water with special reference
Limestone Terranis in Semi-Arid Countries.
- N° 12. — a) Projet Majeur de l'Unesco relatif aux recherches scientifiques sur les Zones Arides
b) FRIEDRICH, W. (Allemagne)
Hydrologist suggestions concerning the amendement and completing of the current
observational and publishing work of the meteorological Services.
- N° 13. — Discussions du Colloque de Chamonix sur la Physique du Mouvement de la Glace
- N° 14. — a) Statuts et règlements intérieurs de l'AIHS.
b) Expédition internationale au Groenland.
c) BAUER, A. (France)
Le mouvement de la partie centrale de l'inlandais du Groenland.
d) LAMBOR, J. — (Pologne).
Meteorological data required in the hydrological Service.
- N° 15. — a) TISON, L.J. — (AIHS)
As to the Matter of utilizing water resources.
b) 15^e Session du Comité Consultatif de la Zone Aride.
c) SALAMIN, P. — (Hongrie).
Le manteau de neige dans les forêts de Hongrie.
- N° 16. — a) Discussions des Colloques de Hannoversch-Münden:
Eau et Régions boisées.
Lysimètres.

1960.

- N° 17. — a) Note sur le colloque général de l'Unesco sur les Zones Arides.
b) BLANEY, H.A. (USA)
Evaporation from Water surfaces in Mountain Areas of Western U.S.
c) PARDE, M. (France)
Sur la puissance des crues au Japon, à Madagascar et à la Réunion.
- N° 18. — a) Assemblée Générale de Helsinki
b) MARGAT, J. (Maroc)
Sur la terminologie des cartes des Eaux Souterraines.
c) Rapport national de l'Inde.
- N° 19. — a) BENSON, M.A. — (USA)
Areal Flood Frequency Analysis in a Humid Region.
b) DAWDY, D.R. et LANGBEIN, W.B. (USA).
Mapping Mean Areal Precipitation.
c) GHERARDELLI, Prof. et CANALI, Dr. (Italie)
Enquête sur les caractéristiques chimiques et physico-chimiques des Eaux du
à Polesella et recherche des matières dissoutes dans l'eau au moyen d'analyses
chimiques quantitatives et spectrographiques semiquantitatives.

- d) KOBERG, G. (USA)
Effect on evaporation of releases from reservoirs on Salt River, Arizona.
- e) HEM, J. (USA)
Chemical Equilibrium diagrams for Groundwater Systems.
- f) JOHNSON, A. (USA)
Variation in surface elevation of the Nesqually Glacier Mt. Rainier-Washington.
- 20. — a) Discussions des rapports sur les Eaux de surface à Helsinki.
- b) BUSBY, M.W. and BENSON M.A. (USA)
Grid Method of determining mean-flow distance in a drainage Basin.
- c) PRITCHARD, D.W. and CARPENTER J.R. (USA)
Measurements of Turbulent Diffusion in Estuarine and Inshore Waters.
- d) BAIDIN, S.S. and SKRIPTUNOV N.A. (URSS)
Changes in the hydrological Regime of the Volga Estuarine Region.
- e) DIACONU, C. (R.P. Roumaine)
Quelques résultats de l'étude d'écoulement minimum cours d'eau de la R.P. Roumaine.
- f) FEDEROV, L.T. — Application of composition methods for computing Runoff.
- g) VISHNEVSKY, P.F. (URSS). Effect of rainfall on Summer Low-Water in the South of the Ukraine.
- h) TRICART, J, Prof. (France). Les modalités de transport des alluvions dans les rivières cévenoles.

German Water Engineering GmbH

Geology

Geo-physics

Hydro-geology

Independent Consultants

Water Supply

Sewage disposal

River engineering

Agricultural water engineering

Irrigation

Drainage

Control of water borne diseases by water engineering

Investigations

Expertises

Economy-Investigations

planning and design

German Water Engineering GmbH

13 Maybachstrasse, Essen-Bredeney, Fed. Rep. of Germany

PUBLICATIONS DE L'A. I. H. S.

encore disponibles

I. COMPTES-RENDUS ET RAPPORTS

Publ. n° 3	— 1926 — Notes et communications	50	F Belges
Publ. n° 6	— Rapports sur l'état de l'hydrologie	25	»
Publ. n° 7	— Id.	25	»
Publ. n° 8	— Id.	25	»
Publ. n° 9	— 1927 — Note et communications	50	»
Publ. n° 13	— 1930 — Réunion du Comité Exécutif	25	»
Publ. n° 14	— 1930 — Commission des Glaciers	25	»
Publ. n° 15	— 1930 — Rapports italiens : Stockholm	50	»
Publ. n° 17	— 1931 — Communications à Stockholm	50	»
Publ. n° 18	— 1930 — Réunion de Stockholm	25	»
Publ. n° 19	— 1931 — Etudes diverses	75	»
Publ. n° 21	— 1934 — Réunion de Lisbonne	50	»
Publ. n° 23	— 1937 — Réunion d'Edimbourg (Neiges et Glaces)	300	»
Publ. n° 27	— 1939 — Washington. Conférence de la Table Ronde sur les possibilités d'utilisation des laboratoires d'hydrauliques pour les recherches hydrauliques	75	»

Assemblée d'Oslo 1948

Publ. n° 28	— Résumé des rapports	25	»
Publ. n° 29	— Tome I — Potamologie et Limnologie	200	»
Publ. n° 30	— Tome II — Neiges et Glaces	200	»
Publ. n° 31	— Tome III — Eaux Souterraines	200	»
	Les 4 tomes ensemble	550	»

Assemblée de Bruxelles 1951

Publ. n° 32	— Tome I — Neiges et Glaces	300	»
Publ. n° 33	— Tome II — Eaux Souterraines et Erosion	250	»
Publ. n° 34	— Tome III — Eaux de Surface	350	»
Publ. n° 35	— Tome IV — Symposia sur Zones Arides et crues	125	»
	Les 4 tomes ensemble	900	

Assemblée de Rome 1954

Publ. n° 36	— Tome I — Erosion du Sol, Précipitations, etc.	300	»
Publ. n° 37	— Tome II — Eaux Souterraines	450	»
Publ. n° 38	— Tome III — Eaux de surface	425	»
Publ. n° 39	— Tome IV — Neiges et Glaces	375	»
	Les 4 tomes ensemble	1350	»

Symposia Darcy — Dijon 1956

Publ. n° 40	— Evaporation	100	»
Publ. n° 41	— Eaux souterraines	250	»
Publ. n° 42	— Crues	300	»
	Les 3 tomes ensemble	550	»

Assemblée de Toronto 1957

Publ. n° 43 — Erosion du sol — Précipitation	300	»
Publ. n° 44 — Eaux souterraines — Infl. Végétation — Rosée	300	»
Publ. n° 45 — Eaux de surface — Evaporation	300	»
Publ. n° 46 — Neiges et Glaces	300	»
Les 4 tomes ensemble	1100	»
Publ. n° 47 — Symposium de Chamonix, Physique du mouvement de la glace	300	»
Publ. n° 48 — Symp. Hannoversch Münden. Eau et Forêts	300	»
Publ. n° 49 — Symp. Hannoversch Münden. Lysimètres	150	»
Publ. n° 50 — Légende des cartes hydrogéologiques du Marve	50	

Assemblée de Helsinki 1960

Publ. n° 51 — Eaux de surface	350	
Publ. n° 52 — Eaux souterraines	350	»
Publ. n° 53 — Erosion continentale, Précipitation, Evaporation sous presse	350	»
Publ. n° 54 — Neiges et Glaces	350	»
Publ. n° 55 — Colloque sur l'Antarctique	150	»

II. BIBLIOGRAPHIE HYDROLOGIQUE

1934 (Egypte, France, Indes, Italie, Lettonie, Maroc, Pays Baltes, Roumanie, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie, Tunisie, Pologne — en 1 vol. 100 F Belges

<i>Argentine</i>	<i>Pays-Bas</i>	<i>Japon</i>
début à 1954 — 25 FB.	1934 — 20 FB.	1935 — 20 FB.
	1935-1936 — 35 FB.	1936 — 10 FB.
	1937 — 20 FB.	
	1938-1947 — 30 FB.	
<i>Allemagne</i>	<i>Portugal</i>	<i>Maroc</i>
1936 — 25 FB.		1935-1936 — 10 FB.
1937 — 20 FB.		
1945-1949 — 30 FB.		
1950 — 30 FB.	1924-1954 — 40 FB.	
1951 — 35 FB.		
1952 — 35 FB.	<i>Afrique du Sud</i>	<i>Pologne</i>
1953 — 35 FB.	1940-1950 — 25 FB.	1935 — 20 FB.
1954 — 35 FB.		1936 — 25 FB.
1955 — 40 FB.		1937 — 20 FB.
1956 — 40 FB.	<i>Autriche</i>	1938 — 20 FB.
1957 — 40 FB.	1934 — 10 FB.	1945-1948 — 35 FB.
	1935 — 10 FB.	1949 — 30 FB.
	1936 — 10 FB.	1950 — 30 FB.
	1945-1955 — 30 FB.	1951 — 30 FB.
<i>Egypte</i>		1952 va paraître
début à 1954 — 10 FB.		1953 — 30 FB.
		1954 — 30 FB.
		1956 — 35 FB.
		1957 — 35 FB.
<i>Etats-Unis (+ Canada)</i>	<i>Bulgarie</i>	
1936 — 30 FB.	1935 — 10 FB.	
1937 — 30 FB.	1936 — 10 FB.	
1938 — 30 FB.	1937 — 10 FB.	
1939 — 30 FB.		
1940 — 30 FB.	<i>Espagne</i>	<i>Australie</i>
1941-1950 — 100 FB.	1940-1950 — 25 FB.	
1951-1954 — 60 FB.	1951-1952 — 10 FB.	1937 — 10 FB.

<i>Italie</i>	<i>Lettonie</i>	<i>Finlande</i>
1935-1936 — 20 FB.	1934-1938 — 30 FB.	jusque 1959 — 35 FB.
1937-1953 — 30 FB.		
	<i>France</i>	<i>Canada</i>
<i>Lithuanie</i>	935-1936 — 25 FB.	jusque 1958 — 30 FB.
1935-1938 — 40 FB.	937 — 15 FB.	
	1938 — 15 FB.	<i>Belgique</i>
<i>Danemark</i>	1946-1951 — 20 FB.	1935 — 10 FB.
1937-1947 — 20 FB.	1952 — 20 FB.	1936 — 10 FB.
	1953-1955 — 30 FB.	1937 — 20 FB.
		1938-1947 — 40 FB.
		1948-1952 — 30 FB.
		1952-1957 va paraître
<i>Esthonie</i>	<i>Norvège</i>	<i>Tchécoslovaquie</i>
1936-1938 — 25 FB.	1940-1950 — 20 FB.	1935 — 25 FB.
		1936 — 25 FB.
<i>Grande-Bretagne</i>	<i>Suède</i>	1956 — 40 FB.
1936-1937 — 20 FB.	1935-1936 — 10 FB.	1957 — 40 FB.
	1937 — 10 FB.	
	1939-1947 — 20 FB.	<i>Yougoslavie</i>
<i>Indes</i>	1948-1952 — 15 FB.	du début à 1954-20 FB.
1936-1952 — 60 FB.		
	<i>Suisse</i>	<i>Hongrie</i>
<i>Irlande</i>	1939-1947 — 30 FB.	1945-1954 — 50 FB.
1934-1949 — 10 FB.	1948-1952 — 30 FB.	
	1952-1954 — 30 FB.	<i>Israël</i>
		1945-1949 — 20 FB.
		1949-1955 — 25 FB.
<i>U R S S</i>		
1954-1957 — 35 FB.	} en russe.	
1957-1960 — 35 FB.		

III. BULLETIN DE L'ASSOCIATION D'HYDROLOGIE

Ce bulletin paraît quatre fois l'an depuis 1956. Il comprend une partie réservée à l'information et une partie scientifique.

Prix de l'abonnement : 250 FB.

IV. PUBLICATIONS DIVERSES

1. Quelques études présentées à Washington 1939	50 F Belges
2. Crues de 1954 — 1 publ. autrichienne	40 »
3. Rapports de l'Inde au Symposia Darcy à Dijon	50 »
4. Classification décimale hydrologique en Pologne	25 »

Forges de la Providence

Société anonyme au capital de 1.904 millions de francs

SIEGE SOCIAL : MARCHIENNE-AU-PONT (Belgique)

Capacité de production d'acier : 1.300.000 tonnes par an

●

USINES A MARCHIENNE-AU-PONT :

Fours à coke, hauts fourneaux, aciérie Thomas, aciérie électrique, laminoirs, fonderies.

USINES A FONTAINE-L'EVEQUE (Belgique)

Tréfileries.

USINES A REHON (Meurthe-et-Moselle, France)

Hauts fourneaux, aciérie Thomas, aciérie électrique, laminoirs, fonderies.

USINES A HAUTMONT (Nord-France)

Aciérie Martin, laminoirs, tôle, fonderies.

●

Agence à PARIS : 14, rue de la Pépinière (VIII^e)

Dépôts à BRUXELLES : 36, quai des Charbonnages

LILLE : 190, rue de la Bassée

●

La vente des produits de la Société est confiée en Belgique :

au Comptoir des Acières belges à Seraing

pour le matériel de voie lourd;

à l'Union Commerciale de Sidérurgie « UCOSIDER »,

60, rue Royale, à Bruxelles

pour les autres produits sidérurgiques;

aux Forges de la Providence, Division Tréfilerie, à Fontaine-l'Evêque

pour les produits tréfilés;

à l'Usine de Marchienne-au-Pont

pour les sous-produits.

**WATER DEVELOPMENT CORPORATION
CONSULTANTS IN GROUND-WATER HYDROLOGY
WORLDWIDE**

Leonard C. HALPENNY
President

3938 Santa Barbara Avenue
Tucson, Arizona, U.S.A.
Tel. : EAsT 6-1133
Cable : WADEVCO, Tucson

**ON THE USE OF ANALOGY IN THE STUDY
OF HYDROLOGIC PROBLEMS**

«A promising field of application for electronic computers involves the dynamic routing of water flow in drainage basins from the first raindrops to final torrents.

«Not only can analog machines aid in the generalized study of such problems, but more dramatically they permit simulation of vast river systems on a real time or accelerated basis, for flood prediction and water control purposes. Alternative storage operations may then be explored at will (especially on fast time) and the most effective, yet safe, operation be undertaken. Other uses of computers for hydraulic design and flood damage frequency analyses are also being explored.»

The above paragraphs are from the foreword to the section on «Computer Techniques in Hydrology» from *A Palimpsest on the Electronic Analog Art*, a collection of papers on the nature and applications of Electronic models. This useful book is available from Philbrick for \$ 1.15 postpaid.

Have you considered the application of Electronic Analog Computers to the solution of *your* problems? Write for the free Philbrick catalog.

**GEORGE A.
PHILBRICK
RESEARCHES, INC.**

285 Columbus Avenue, Boston 16, Mass., U.S.A.

The Analog Way is the Model Way

(T 80) Établissements Ceuterick, s.c., 153, rue de Bruxelles, Louvain
Dir. L. Pitsi, 25, rue Dagobert, Louvain (Belgique)

PRINTED IN BELGIUM

